

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SINCRONIZACIÓN Y  
AUTOMATIZACION DE LAS BANDAS 1, 2 Y 3 DE LA MAQUINA II  
DE ETERNIT COLOMBIANA S.A.**

**CARLOS AUGUSTO OCAMPO RODRIGUEZ**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA  
PROGRAMA INGENIERÍA MECATRONICA  
SANTIAGO DE CALI  
2009**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SINCRONIZACIÓN Y  
AUTOMATIZACION DE LAS BANDAS 1, 2 Y 3 DE LA MAQUINA II  
DE ETERNIT COLOMBIANA S.A.**

**CARLOS AUGUSTO OCAMPO RODRIGUEZ**

**Pasantía para optar al título de Ingeniero Mecatrónico**

**Director  
EDWIN ROJAS  
Ingeniero Mecatrónico**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA  
PROGRAMA INGENIERÍA MECATRONICA  
SANTIAGO DE CALI  
2009**

**Nota de aceptación:**

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Mecatrónico

EDWIN ROJAS

Director

JHONNY POSADA CONTRERAS

Jurados

Santiago de Cali, Febrero 26 de 2009

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios que me dio la vida y me permitió culminar mi carrera, dándome todas las capacidades necesarias para lograrlo; como el entendimiento, perseverancia, paciencia y sentido común.

A mis padres, por el gran apoyo que siempre me brindan y la oportunidad de estudio que me concedieron.

A la gente entre amigos, familiares, profesores y compañeros de trabajo que de una u otra manera me ayudaron con ideas para desarrollar este proyecto.

## **CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>11</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>13</b>
<b>1. OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
1.1 OBJETIVO GENERAL	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
<b>2. MISION</b>	<b>15</b>
<b>3. OBTENCION DE DATOS PRIMARIOS</b>	<b>16</b>
3.1 INTERPRETACION DATOS PRIMARIOS	17
3.2 CLASIFICACION DE PREMISAS	17
<b>4. PLANTEAMIENTO DE LAS NECESIDADES</b>	<b>19</b>
4.1 TABLA DE IMPORTANCIA	19
4.2 METRICAS Y UNIDADES	20
4.3 RELACION DE METRICAS CON NECESIDADES	21
4.4 ESTUDIO DEL BENCHMARKING	21
4.5 NIVEL DE IMPORTANCIA DE LAS NECESIDADES DE LOS CLIENTES EN SISTEMAS AUTOMATIZADOS	22
4.6 RELCION DE METRICAS CON COMPETIDORES	23
4.7 ASIGNACION DE VALORES IDEALES Y MARGINALES	24
4.8 ASIGNACION DE ESPECIFICACIONES PRELIMINARES	25

<b>5.</b>	<b>GENERACION DE CONCEPTOS</b>	<b>27</b>
<b>5.1</b>	<b>CLARIFICAR EL PROBLEMA</b>	<b>27</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Descripción Del Producto</b>	<b>27</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Necesidades</b>	<b>27</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>27</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Descomposición funcional del problema</b>	<b>28</b>
<b>5.2</b>	<b>CONSULTA CON EXPERTOS</b>	<b>29</b>
<b>5.3</b>	<b>BUSQUEDA INTERNA</b>	<b>30</b>
<b>6.</b>	<b>ARQUITECTURA DEL PRODUCTO</b>	<b>31</b>
<b>6.1</b>	<b>SELECCIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL PRODUCTO</b>	<b>31</b>
<b>6.2</b>	<b>ESQUEMA DEL SISTEMA</b>	<b>32</b>
<b>6.3</b>	<b>ESQUEMAS DE ELEMENTOS A CONJUNTOS</b>	<b>34</b>
<b>6.4</b>	<b>DISTRIBUCION GEOMETRICA</b>	<b>36</b>
<b>7.</b>	<b>DISEÑO INDUSTRIAL</b>	<b>38</b>
<b>7.1</b>	<b>NECESIDADES ERGONOMICAS</b>	<b>38</b>
<b>7.2</b>	<b>NECESIDADES ESTETICAS</b>	<b>39</b>
<b>7.3</b>	<b>DIRECCION DEL PROCESO DE DISEÑO</b>	<b>40</b>
<b>7.4</b>	<b>EVALUACION DE LA CALIDAD DEL DISEÑO</b>	<b>40</b>
<b>7.4.1</b>	<b>Calidad de las interfaces de usuario</b>	<b>40</b>
<b>7.4.2</b>	<b>Requerimientos emocionales</b>	<b>40</b>
<b>7.4.3</b>	<b>Facilidades de mantenimiento y reparación</b>	<b>40</b>
<b>7.4.4</b>	<b>Uso apropiado de recursos</b>	<b>41</b>
<b>7.4.5</b>	<b>Diferenciación del producto</b>	<b>41</b>

<b>8.</b>	<b>DISEÑO DE HARDWARE Y SOFTWARE</b>	<b>42</b>
<b>8.1</b>	<b>ETAPA 1: CONOCIMIENTO DEL PROCESO E IDENTIFICACION DE DISPOSITIVOS (SENSORES Y ACTUADORES)</b>	<b>42</b>
<b>8.2</b>	<b>ETAPA 2: SELECCIÓN, MONTAJE E INSTALACION DEL HARDWARE</b>	<b>43</b>
<b>8.2.1</b>	<b>Selección de equipos y materiales para la conexión</b>	<b>44</b>
<b>8.2.2</b>	<b>Montaje y conexión del hardware</b>	<b>47</b>
<b>8.3</b>	<b>ETAPA 3: IDENTIFICACION DE LAS SEÑALES FISICAS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO</b>	<b>49</b>
<b>8.4</b>	<b>ETAPA 4: DISEÑO DEL SOFTWARE</b>	<b>53</b>
<b>9.</b>	<b>DISEÑO PARA MANUFACTURA</b>	<b>62</b>
<b>9.1</b>	<b>ESTIMACION DEL COSTO DE MANUFACTURA</b>	<b>62</b>
<b>9.2</b>	<b>COSTO DE ENSAMBLAJE</b>	<b>62</b>
<b>9.3</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>63</b>
<b>9.4</b>	<b>PRECIO DE VENTA SUGERIDO</b>	<b>65</b>
<b>10.</b>	<b>DISEÑO PARA MANTENIMIENTO</b>	<b>66</b>
<b>11.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>67</b>
<b>12.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>68</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>70</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>72</b>

## LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1. Esquema de descomposición 1. caja negra</b>	<b>28</b>
<b>Figura 2. Esquema de descomposición 2. PLC</b>	<b>29</b>
<b>Figura 3. Sistema sincronización bandas PI</b>	<b>30</b>
<b>Figura 4. Esquema modularidad intercambiable</b>	<b>32</b>
<b>Figura 5. Modularidad intercambiable el sistema</b>	<b>32</b>
<b>Figura 6. Relación elementos físicos con funcionales</b>	<b>33</b>
<b>Figura 7. Esquema de elementos a conjuntos</b>	<b>35</b>
<b>Figura 8. Distribución geométrica 1</b>	<b>36</b>
<b>Figura 9. Distribución geométrica 2</b>	<b>37</b>
<b>Figura 10. Distribución geométrica 3</b>	<b>37</b>
<b>Figura 11. Evaluación de las necesidades ergonómicas</b>	<b>39</b>
<b>Figura 12. Evaluación de las necesidades estéticas</b>	<b>39</b>
<b>Figura 13. Dirección del proceso de diseño industrial</b>	<b>40</b>
<b>Figura 14. Valoración del diseño industrial</b>	<b>41</b>
<b>Figura 15. Maquina hatscheck placas II</b>	<b>43</b>
<b>Figura 16. Variador de velocidad</b>	<b>45</b>
<b>Figura 17. Contactor de fuerza</b>	<b>46</b>
<b>Figura 18. Disyuntor magneto-térmico</b>	<b>46</b>
<b>Figura 19. Conexionado de fuerza #1 (<i>Contactores</i>)</b>	<b>47</b>
<b>Figura 20. Conexionado de fuerza #2 (<i>Disyuntores</i>)</b>	<b>47</b>
<b>Figura 21. Conexionado de fuerza #3 (<i>Variadores</i>)</b>	<b>48</b>



<b>Figura 22. Conexionado de fuerza #4 (<i>motores</i>)</b>	<b>48</b>
<b>Figura 23. Diagrama de flujo del sistema</b>	<b>52</b>
<b>Figura 24. Label #1 movimiento banda 1</b>	<b>53</b>
<b>Figura 25. Label #2 movimiento banda 2</b>	<b>54</b>
<b>Figura 26. Label #3 movimiento banda 3</b>	<b>54</b>
<b>Figura 27. Label #3 corte sobre formato</b>	<b>55</b>
<b>Figura 28. Label #4 soplo placa sobre banda 1</b>	<b>55</b>
<b>Figura 29. Label #5 regaderas y sello</b>	<b>56</b>
<b>Figura 30. Label #6 selección placa moldaje</b>	<b>57</b>
<b>Figura 31. Label #7 bandas de recorte</b>	<b>57</b>
<b>Figura 32. Label #8 lectura y escalonamiento velocidad</b>	<b>58</b>
<b>Figura 33. Label #9 acción de control</b>	<b>58</b>
<b>Figura 34. Label #10 salidas de control</b>	<b>59</b>
<b>Figura 35. Label #11 lectura vía ethernet</b>	<b>59</b>
<b>Figura 36. Configuración modulo de comunicación PLC para habilitar intercambio de datos entre PLCs</b>	<b>60</b>
<b>Figura 37. Lectura entradas PLC disolvente desde PLC onduladora vía ethernet</b>	<b>60</b>
<b>Figura 38. Comparativo consumo de energía</b>	<b>64</b>
<b>Figura 39. Comparativo cadencia maquina</b>	<b>65</b>

## **LISTADO DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1. Tabla de importancia</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 2. Métricas y unidades</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 3. Relación de métricas con necesidades</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 4. Nivel de importancia de las necesidades de los clientes en sistemas de los competidores</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 5. Relación de métricas con competidores</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 6. Asignación de valores ideales y marginales</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 7. Asignación de especificaciones preliminares</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 8. Salidas PLC</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 9. Entradas PLC</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 10. Factor de corrección (<math>\Delta V</math>)</b>	<b>57</b>

## GLOSARIO

**AUTOMATIZACION:** sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

**HATSCHECK:** es el nombre con el cual se denomina a la máquina de formación de la placa plana.

**INDUSTRIAL ETHERNET:** red que cumple con los estándares internacionales (IEEE 802.3) válida para todos los campos en la automatización de la producción.

**SINCRONIZACION:** se refiere al proceso de propagación de los cambios en los datos en un tiempo determinado.

## RESUMEN

La industria de materiales para la construcción Eternit Colombiana S.A. me acepto como ingeniero en pasantía y planteo unas necesidades las cuales dieron origen a mi proyecto.

Básicamente el proyecto consiste en automatizar el proceso de la maquina Hatscheck de placas II, esto lleva consigo la sincronización de las bandas 1,2 y 3 de la maquina. En la actualidad la mayor parte del proceso se encuentra automatizado pero es controlado por un PLC TSX 17 de Telemecanique el cual debido a su antigüedad a presentado problemas en varias ocasiones; adicionalmente el PLC TSX 17 no posee modulo de comunicación e interfaz de programación, lo que dificulta aún más la solución en el momento de presentarse alguna falla; respecto a la sincronización de las bandas no hay nada implementado. Por lo anterior; es evidente la necesidad que presenta la empresa y con este proyecto se dará solución a este problema trayendo consigo nueva tecnología, mejoras en el proceso y la oportunidad de ampliaciones o modificaciones futuras sobre el mismo.

Por otra parte las banda son manejadas por un motor hidráulico al cual se le gradúa la velocidad por medio de un potenciómetro que va a la tarjeta controladora del motor; este se encarga de graduar el paso de aceite al motor si se quiera más o menos velocidad, es decir, la velocidad adecuada de las bandas se vuelve subjetiva (depende del operario) y no es lo más correcto; lo ideal es que el cambio de velocidad en los motores de las bandas sea automático dependiente de la velocidad del formato

## INTRODUCCIÓN

Eternit Colombiana S.A. es una industria que se remonta al 21 de mayo de 1942, fecha en que fue fundada dicha entidad. La fábrica inició actividades con la producción de placas onduladas de fibrocemento, con tan alta aceptación que dos años después se estableció una planta en Cali y otra en Barranquilla, naciendo así **Eternit Pacífico S.A. y Eternit Atlántico S.A.**

En la actualidad Eternit es una multinacional que cuenta con 7 cedes ubicadas en Latinoamérica de las cuales tres están en Colombia, una en Bolivia, Ecuador, Costa Rica, y otra en Panamá; estas siete compañías pertenecen al grupo Mexicano llamado Mexalit el cual es dueño de 18 plantas industriales dedicadas a la construcción en todo Latinoamérica.

Por más de medio siglo, los productos Eternit han estado presentes en la construcción de nuestro país, aportando las mejores soluciones en su acelerado proceso de urbanización. Más de 300 millones de metros cuadrados cubiertos con tejas Eternit, alrededor de 1 millón y medio de viviendas servidas con sus tanques y cerca de 40.000 KM de tubería de acueducto y alcantarillado a lo largo y ancho del territorio nacional.

Hoy día Eternit Colombiana ha agregado a su planta la producción de tejas translúcidas, tanques plásticos, pintura, y la línea de placa plana sin fibrocemento llamada Eterboard con gran aceptación en la industria de la construcción.

La producción principal de Eternit es la teja ondulada de fibrocemento y la línea de Eterboard, por ende las dos máquinas principales pertenecen a esta línea de producción.

Placas I o Máquina I pertenece a la línea de Eterboard

Placas II o Máquina II pertenece a la línea de tejas onduladas.

El proyecto a desarrollar se dará a cabo en una sección de la Máquina II; esta sección es denominada máquina Hatscheck. Para la fabricación de dicha teja se cuenta con varios procesos que van desde el suministro del material mediante los silos principales hasta el fragüe de la placa en la estufa. El proyecto se centrará en el formato principal, aquí llega la pasta (producto del material mezclado) para darle el grosor y largo necesario, luego mediante una cinta impulsada por un pistón se deja caer la placa sobre la banda uno, dicha banda debe estar girando a una velocidad dependiente del formato tal que cuando la placa caiga sobre la banda esta tenga la velocidad justa para no rasgarla ni atascarla y así proceder al traslado para la banda 2 y 3 que igualmente deben estar sincronizadas con la banda inmediatamente anterior.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar la automatización de la maquina Hatscheck de placas II y la sincronización de las bandas 1,2 y 3 pertenecientes a la misma máquina.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Automatizar el proceso de sincronización de velocidades de las bandas 1,2 y 3 de la maquina Hatscheck de placas II; de acuerdo a la velocidad del formato.
- Optimizar el traslado de la placa de una banda hacia otra consiguiendo reducción en tiempo y costo.
- Aplicar el diseño para productos mecatrónicos.
- Sugerir posibles mejoras para el proceso.
- Elaborar un informe completo sobre el desarrollo del proyecto.

## 2. MISION

❖ **Descripción del producto.** Sistema automatizado para el control, monitoreo y sincronización de las bandas en la maquina Hatscheck de placas II.

❖ **Principales objetivos de marketing.** Introducir el sistema en las otras sedes de Eternit en Colombia

❖ **Mercado primario**

- Eternit Colombiana S.A. (Bogotá)
- Eternit Pacifico y Atlántico

❖ **Mercado secundario.** Las otras Eternit perteneciente al grupo mexicano Mexalit.

❖ **Premisas y restricciones**

- Se trabajara sobre un PLC existente
- Depurar señales que no competen en el proceso
- Que sea fácil de operar

❖ **Partes implicadas**

- Eternit Colombiana S.A.
- Mantenimiento
- Operadores de manufactura
- Distribuidores

### 3. OBTENCION DATOS PRIMARIOS

Para la obtención de datos primarios se recurrió al estudio detallado del proceso, al levantamiento de cada uno de los sensores y accionamientos sobre los cuales se va a ejercer control. Posteriormente se llevo a cabo la entrevista con los operarios ya que es fundamental conocer el modo en que ellos operan la maquina; por último se entrevisto o al supervisor de mantenimiento eléctrico un hombre con mucha experiencia en la empresa.

**Necesidades planteadas por el ingeniero jefe de mantenimiento, supervisor de mantenimiento eléctrico, técnicos electricista y operarios.**

- El operario no debe intervenir en la velocidad de las bandas.
- Cuando se va a los tableros donde se encuentra este proceso no hay información alguna sobre las señales de entrada y salida ni de sus dispositivos eléctricos asociados.
- Que haya comunicación con el proceso y sea posible visualizarlo en un computador conectado a la red interna de la planta.
- Que pueda parar el pórtico ondulatorio desde el tablero de la maquina Hatscheck.
- Poder ver la velocidad de las bandas.
- Que no se desperdicie tanta tinta del equipo Matthews.
- Las velocidades de las bandas deben depender de la velocidad del formato principal.
- El sistema debe soportar un ambiente hostil, bajo situaciones de trabajo difícil como polvo excesivo, altas temperaturas y humedad.
- Que el operario manipule la máquina de igual forma como lo ha venido haciendo.



### **3.1. INTERPRETACIÓN DATOS PRIMARIOS**

La interpretación de los datos obtenidos en el punto anterior es de suma importancia, pues ellos me reflejan la magnitud real de lo requerido por la empresa; por eso es necesario relacionar estas necesidades con palabras técnicas o de ingeniería para lograr abordar de una manera adecuada las posibles soluciones que se planteen.

- Que la sincronización de las bandas sea completamente automática.
- Que el sistema proporcione información sobre el proceso.
- Que posea comunicación con la estación de ingeniería.
- Disminuir el consumo de tinta.
- Que preste los mismos modos de operación que el sistema anterior.
- Que tenga comunicación Ethernet.
- Realizar un levantamiento de planos sobre el tablero a trabajar.
- Que la sincronización de las bandas este referenciada con la velocidad del formato.
- Que sea resistente al polvo y humedad del entorno.
- Que sea fácil de operar.
- Que el sistema tenga entradas disponibles para futura ampliación.
- Que sea fácil su mantenimiento.

### **3.2. CLASIFICACION DE PREMISAS**

#### **❖ Durabilidad**

- Que sea resistente al polvo y humedad en el entorno.
- Que el sistema tenga entradas disponibles para futura ampliación.
- Realizar un levantamiento de planos sobre el tablero a trabajar.

- Que sea fácil su mantenimiento.

#### ❖ **Operación**

- Que sea fácil de operar.
- Que preste los mismos modos de operación que el sistema anterior.

#### ❖ **Funcionamiento**

- Que la sincronización de las bandas sea completamente automática.
- Que el sistema proporcione información sobre el proceso.
- Que posea comunicación con la estación de ingeniería.
- Realizar una buena estrategia de control.
- Que tenga comunicación Ethernet.
- La sincronización de las bandas este referenciada con la velocidad del formato.

#### 4. PLANTEAMIENTO DE NECESIDADES

- El sistema brinda una sincronización entre las velocidades completamente automática.
- El sistema permite recibir y transmitir datos del proceso utilizando comunicación industrial Ethernet.
- El sistema brinda información sobre el proceso.
- El sistema facilita su mantenimiento.
- El sistema es resistente a factores del entorno como polvo y humedad.
- El sistema es fácil de utilizar.
- El sistema brinda las mismas configuraciones que el sistema anterior.
- El sistema facilitara la posibilidad de ampliación al proceso.
- El sistema mermara el consumo innecesario de materia prima.
- Que se pueda utilizar las variables de un proceso en otro mediante la comunicación Ethernet.

##### 4.1. TABLA DE IMPORTANCIA

Se evaluó la importancia de cada una de las necesidades en el sistema, con una calificación de 1 a 5 siendo 1 el nivel de importancia más bajo y 5 el más alto.

**Tabla 1. Tabla de importancia**

No	NECESIDAD	IMPORTANCIA
1	El sistema brinda una sincronización entre las velocidades completamente automática.	5
2	El sistema permite recibir y transmitir datos del proceso utilizando comunicación industrial Ethernet.	5
3	El sistema brinda información sobre el proceso	4
4	El sistema facilita su mantenimiento	5
5	El sistema es resistente a factores del entorno como polvo y humedad.	4

<b>Continuación. tabla 1</b>		
<b>No</b>	<b>NECESIDAD</b>	<b>IMPORTANCIA</b>
6	El sistema es fácil de utilizar.	4
7	El sistema brinda las mismas configuraciones que el sistema anterior.	4
8	El sistema facilitara la posibilidad de ampliación al proceso.	3
9	El sistema mermara el consumo innecesario de materia prima.	5
10	Que se pueda utilizar las variables de un proceso en otro mediante la comunicación Ethernet.	5

Para designar el valor de importancia a cada ítem, se tomo como base las necesidades más reiteradas que fueron expresadas por las personas entrevistadas; adicional a eso se analizo bien el proceso para rectificar las necesidades expresadas.

#### **4.2. METRICAS Y UNIDADES**

Se interpretan las necesidades, evaluando aquellas que son redundantes luego se asigna un valor medible (métrica); y dentro de estos valores se diseña el sistema enfocando los mayores recursos a abarcar las necesidades plateadas, pues es la solicitud del cliente y usuario.

**Tabla 2. Métricas y unidades**

<b>Métrica No.</b>	<b>Necesidad No</b>	<b>Métrica</b>	<b>Importancia</b>	<b>Unidades</b>
1	1	Tiempo de sincronismo	5	ms
2	1,2,3,10	Transmisión de datos	5	Mbits
3	2,3,10	Comunicación Industrial	5	Subjetivo
4	2,3	Comunicación con PC	5	Subjetivo
5	4,6,7	Manuales De Operación	4	Subjetivo
6	4,8	Planos Eléctricos	3	Subjetivo
7	9	Tiempo De Trabajo	5	ms
8	5	Resistencia A La Humedad	4	KilCal./m <sup>2</sup> K
9	10	Comunicación entre PLCs vía Ethernet	5	Subjetivo

#### 4.3. RELACION DE METRICAS CON NECESIDADES

Tabla 3. Relación de métricas con necesidades

<div style="text-align: center;"> <b>METRICAS</b>  <b>NECESIDAD</b> </div>			1	2	3	4	5	6	7	8	9
		<b>IMP.</b>	Tiempo de sincronismo	Transmisión de datos	Comunicación Industrial	Comunicación con PC	Manuales De Operación	Planos Eléctricos	Tiempo De Trabajo	Resistencia A La Humedad	Comunicación entre PLCs vía Ethernet
1	El sistema brinda una sincronización entre las velocidades completamente automática.	5	X	X							
2	El sistema permite recibir y transmitir datos del proceso utilizando comunicación industrial Ethernet.	5		X	X	X					
3	El sistema brinda información sobre el proceso	5		X	X	X					
4	El sistema facilita su Mantenimiento	5					X	X			
5	El sistema es resistente a factores del entorno como polvo y Humedad.	5								X	
6	El sistema es fácil de utilizar.	4					X				
7	El sistema brinda las mismas configuraciones que el sistema anterior.	5					X				
8	El sistema facilitara la posibilidad de ampliación al proceso.	4						X			
9	El sistema mermara el consumo innecesario de materia prima.	5							X		
10	Que se pueda utilizar las variables de un proceso en otro mediante la comunicación Ethernet.	5		X	X						X

#### 4.4. ESTUDIO DEL BENCHMARKING

El benchmarking es un concepto muy importante que se debe tener en cuenta al momento de implementar un sistema o producto, ya que mediante este método se determinaran y evaluaran las competencias del sistema o producto respecto a los

existentes en el mercado. Por ello es de vital importancia realizar esta actividad en cualquier tipo de proyecto; si lo que se desea es tener éxito y abarcar una determinada porción del mercado.

Se realizó una búsqueda en el mercado de desarrolladores de automatización industrial con experiencia en este tipo de aplicación, involucrados en el proceso de sincronización de bandas transportadoras.

La búsqueda arrojó los siguientes resultados:

- VR Ingeniería
- GL Ingenieros S.A.

Al realizar la comparación con los diferentes competidores, se examinaron las virtudes y las falencias que poseen los sistemas de automatización involucrados en procesos industriales en el mercado; y es muy notable que en lo referente al uso de variables de un PLC, en otro, vía ethernet y al mantenimiento se presentan falencias en este tipo de sistemas; por lo anterior para desarrollar un sistema, de tal forma que sea competitivo, se requiere mejorar e innovar en estos dos aspectos de gran importancia para el proyecto a desarrollar en Eternit Colombiana S.A.

#### 4.5. NIVEL DE IMPORTANCIA DE LAS NECESIDADES DE LOS CLIENTES EN SISTEMAS AUTOMATIZADOS POR LOS COMPETIDORES

**Tabla 4. Nivel de importancia de las necesidades de los clientes en sistemas de los competidores**

NECESIDAD		IMP.	1	2
			VR INGENIERIA	GL INGENIEROS S.A.
1	El sistema brinda una sincronización entre las velocidades completamente automática.	5	*****	****
2	El sistema permite recibir y transmitir datos del proceso utilizando comunicación industrial Ethernet.	5	*****	*****
3	El sistema brinda información sobre el proceso	5	****	***

Continuación. tabla 4				
NECESIDAD		IMP.	1	2
			VR INGENIERIA	GL INGENIEROS S.A.
4	El sistema facilita su Mantenimiento	5	***	**
5	El sistema es resistente a factores del entorno como polvo y Humedad.	5	*****	*****
6	El sistema es fácil de utilizar.	4	****	**
7	El sistema brinda las mismas configuraciones que el sistema anterior.	5	*****	*****
8	El sistema facilitara la posibilidad de ampliación al proceso.	4	***	**
9	El sistema mermara el consumo innecesario de materia prima.	5	*****	*****
10	Que se pueda utilizar las variables de un proceso en otro mediante la comunicación Ethernet.	5	*	*

#### 4.6. RELACION DE METRICAS CON COMPETIDORES

Tabla 5. Relación de métricas con competidores

No Métrica	No Necesidad	Métrica	Importancia	Unidades	VR INGENIERIA	GL INGENIEROS S.A.
1	1	Tiempo de sincronismo	5	ms	500	900
2	1,2,3,10	Transmisión de datos	5	Mbits	100	100

Continuación. tabla 5						
No Métrica	No Necesidad	Métrica	Importancia	Unidades	VR INGENIERIA	GL INGENIEROS S.A.
3	2,3,10	Comunicación Industrial	5	Subjetivo	Si	Si
4	2,3	Comunicación con PC	5	Subjetivo	Si	Si
5	4,6,7	Manuales De Operación	4	Subjetivo	Si	Si
6	4,8	Planos Eléctricos	3	Subjetivo	Si	No
7	9	Tiempos De Trabajo	5	ms	1	1
8	5	Resistencia A La Humedad	4	KilCal./m <sup>2</sup> K	10	8
9	10	Comunicación entre PLCs vía Ethernet	5	Subjetivo	No	No

Cada competidor es autónomo de su producto o sistema, por ende ellos asignan diferentes valores a las soluciones de las necesidades planteadas por el cliente; estos valores son analizados, y a partir de su estudio, se crean unas tendencias de diseño para el nuevo sistema; con el fin de direccionar adecuadamente los esfuerzos para estar dentro de los rangos de los valores y alcanzar un nivel de satisfacción alto en el cliente y usuario.

A partir de la tabla anterior de relación entre métricas y competidores, se puede concluir, que un factor diferenciador en el sistema es la comunicación entre PLCs vía Ethernet.

#### 4.7. ASIGNACION DE VALORES IDEALES Y MARGINALES

Una vez se conozca el comportamiento de la competencia en el mercado se hace más evidente definir los valores mínimos de las métricas con los cuales debe contar el nuevo sistema, sin embargo es necesario plantear los valores ideales que especifica la meta que se quiere alcanzar con el sistema.



**Tabla 6. Asignación de valores ideales y marginales**

No	Métrica	Unidades	Valor Marginal	Valor Ideal
1	Tiempo de sincronismo	ms	<700	<=500
2	Transmisión de datos	Mbits	100	100
3	Comunicación Industrial	Subjetivo	Si	Si
4	Comunicación con PC	Subjetivo	Si	Si
5	Manuales De Operación	Subjetivo	Si	Si
6	Planos Eléctricos	Subjetivo	Si	Si
7	Tiempos De Trabajo	ms	1	<=1
8	Resistencia A La Humedad	KilCal./m <sup>2</sup> K	9	10
9	Comunicación entre PLCs vía Ethernet	Subjetivo	No	Si

#### 4.8. ASIGNACION DE ESPECIFICACIONES PRELIMINARES

De acuerdo con los estudios del mercado realizados, se establecen los valores de las especificaciones preliminares para el nuevo sistema. Los valores de las especificaciones no deben estar por debajo de los valores marginales y preferiblemente cerca al valor ideal, para lograr introducir al mercado un sistema competitivo.

**Tabla 7. Asignación de especificaciones preliminares**

No	Métrica	Unidades	Valor Ideal
1	Tiempo de sincronismo	ms	500
2	Transmisión de datos	Mbits	100
3	Comunicación Industrial	Subjetivo	Si
4	Comunicación con PC	Subjetivo	Si
5	Manuales De Operación	Subjetivo	Si
6	Planos Eléctricos	Subjetivo	Si

Continuación. tabla 7			
No	Métrica	Unidades	Valor Ideal
7	Tiempos De Trabajo	ms	1
8	Resistencia A La Humedad	KilCal./m <sup>2</sup> K	8
9	Comunicación entre PLCs vía Ethernet	Subjetivo	Si

## **5. GENERACION DE CONCEPTOS**

### **5.1. CLARIFICAR EL PROBLEMA**

**5.1.1. Descripción del producto.** Sistema automatizado para el control y sincronización de bandas transportadoras con comunicación Ethernet.

#### **5.1.2. Necesidades**

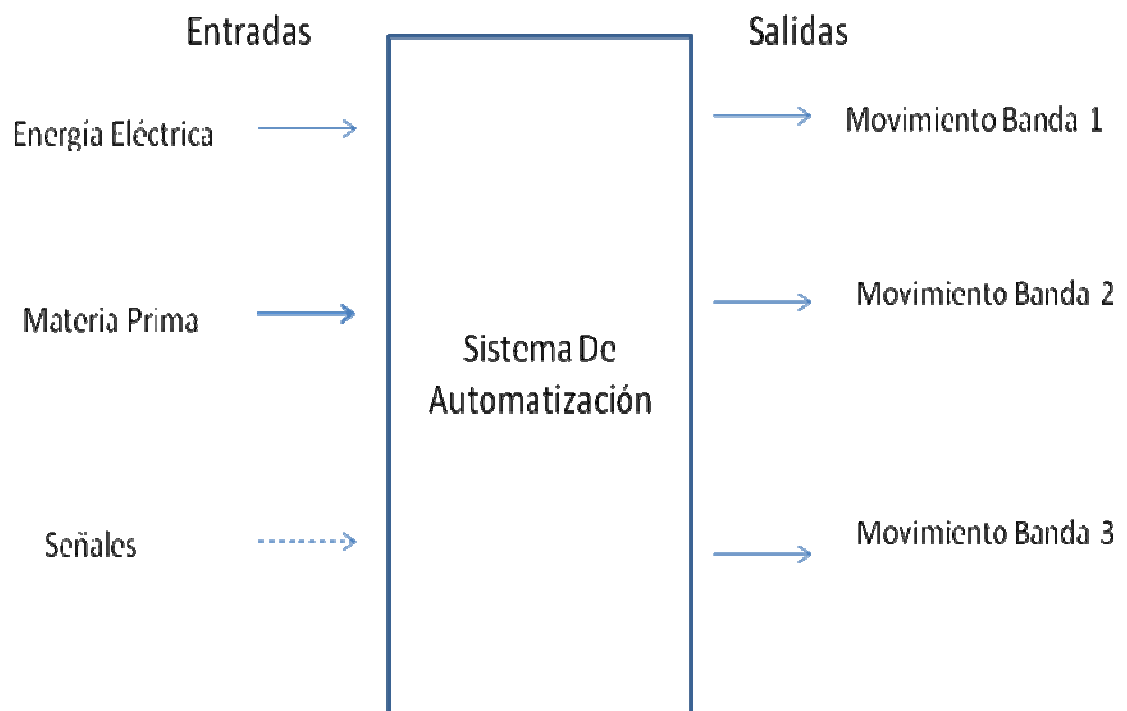
- El sistema brinda una sincronización entre las velocidades completamente automática.
- El sistema permite recibir y transmitir datos del proceso utilizando comunicación industrial Ethernet.
- El sistema brinda información sobre el proceso.
- El sistema es resistente a factores del entorno como polvo y humedad.
- El sistema facilitara la posibilidad de ampliación al proceso.
- El sistema mermara el consumo innecesario de materia prima.
- Que se pueda utilizar las variables de un proceso en otro mediante la comunicación Ethernet.

#### **5.1.3. Especificaciones**

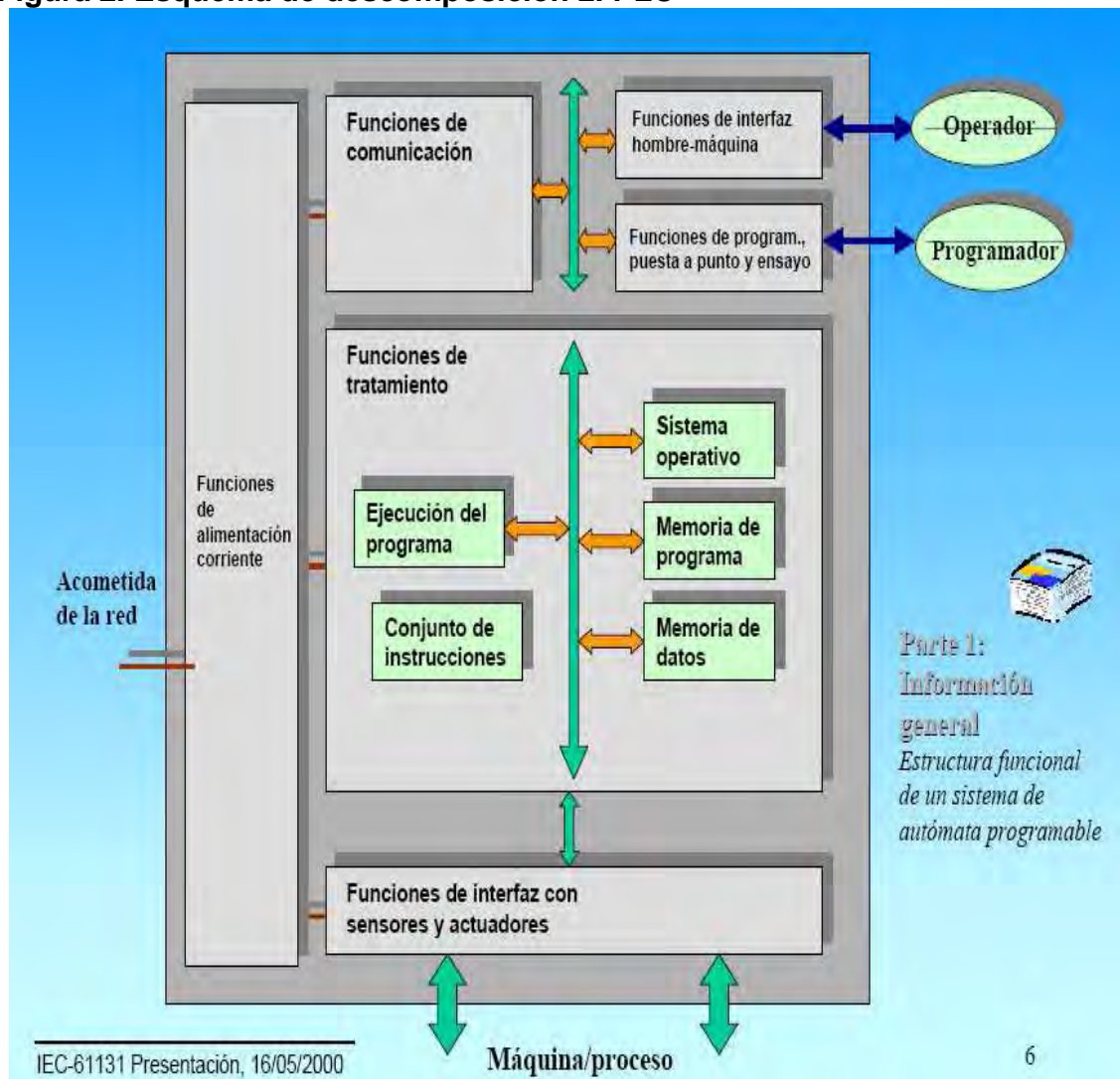
- La velocidad del formato es la referencia para la sincronización de las bandas.
- El sistema brinda las mismas configuraciones que el sistema anterior.
- El sistema es fácil de utilizar.
- El sistema facilita su funcionamiento.

#### 5.1.4. Descomposición Funcional Del Problema

**Figura 1. Esquema De Descomposición 1. Caja Negra**



**Figura 2. Esquema de descomposición 2. PLC**



Fuente: Soporte para la automatización de procesos [en línea]. Alemania: siemens internacional, 2008. [Consultado 16 de Agosto de 2008]. Disponible en Internet: <http://support.automation.siemens.com>

## 5.2. CONSULTA CON EXPERTOS

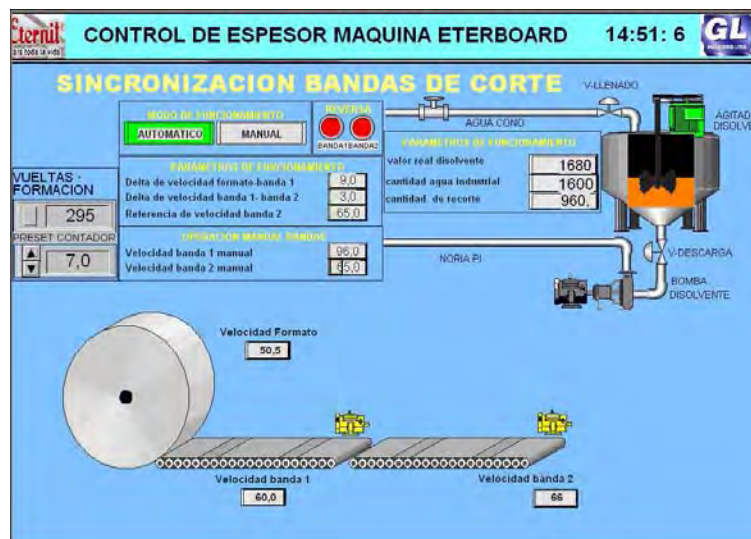
➤ **Sincronización bandas de corte PI.** Este es un sistema planteado por la compañía GL Ingenieros S.A. el cual se implementó en la Hatscheck de placas I. Consiste en sensar la velocidad de cada una de las bandas implicadas en el proceso de translación de producto; los sensores son encoder que están instalados en el ventilador de los motores que manejan las bandas; la señal que

generan los sensores es enviada a un PLC el cual procesa la información entrante y genera unas salidas con los valores de velocidad adecuados para cada banda; esta señal viaja hacia un variador de velocidad el cual se encarga de controlar físicamente la velocidad de los motores. Adicional a lo anterior controla por medio del mismo PLC todas las variables implicadas en el mismo proceso.

En el tablero o pupitre de control se encuentra una interface de dialogo (*La Magelis*) de Telemecanique la cual contiene el sistema supervisorio o HMI; en este, se muestran las variables más relevantes del proceso como velocidad, sensores, etc., el objetivo principal de la magelis es permitirle al operador el mando y monitores del proceso.

La siguiente grafica muestra la interface hombre maquina instalada sobre la magelis del sistema de sincronización de bandas que existe en la maquina I.

**Figura 3. Sistema sincronización bandas PI**



### 5.3. BUSQUEDA INTERNA

Principalmente la función a realizar en este proyecto es el desarrollo de una estrategia de control que maneje todas las variables pertenecientes a la Hatscheck de P II, incluyendo la sincronización de las bandas y la comunicación del proceso vía Ethernet, permitiendo intercambio de señales entre un PLC y otro por el mismo medio. Con este cambio se integra a la red un segmento del proceso muy importante el cual se encontraba en riesgo, ya que no había posibilidad de acceder al programa de control dadas las características del autómatas en el cual estaba programada dicha estrategia.

## **6. ARQUITECTURA DEL PRODUCTO**

### **6.1. SELECCIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL PRODUCTO**

Para seleccionar el tipo de arquitectura a utilizar en el diseño del sistema se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones de vital importancia para tomar una correcta decisión.

- Cambios debido a: actualizaciones de software, ampliaciones, adaptaciones y flexibilidad en el sistema.
- Variedad del producto: tipos de dispositivos que existen en el mercado los cuales no tienen la opción de informar y visualizar el estado de los elementos del proceso.
- Estandarización: PLC, HMI, tablero electrónico con normas IEC.
- Desempeño: trabajo continuo, en ambiente de alta concentración de polvo y humedad.
- Costo de manufactura: Medio.
- Dirección del Proyecto: Planificación del tiempo.
- Sistema de ingeniería: Número de partes o componentes, Integración de componentes.

Analizando detenidamente los parámetros anteriores, se ha llegado a la conclusión que el mejor tipo de arquitectura a implementar es la modular debido a las grandes ventajas que ofrece.

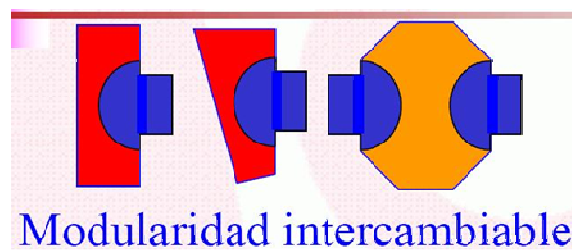
- Simplicidad y flexibilidad.
- La interacción entre conjuntos está bien definida.
- Facilita el cambio de cualquier modulo del sistema.

## 6.2. ESQUEMA DEL SISTEMA

Para establecer una arquitectura modular es necesario crear un esquema del producto agrupando los elementos pertenecientes a una determinada tarea o función, estableciendo unas relaciones claramente definidas, sean fundamentales y/o incidentales.

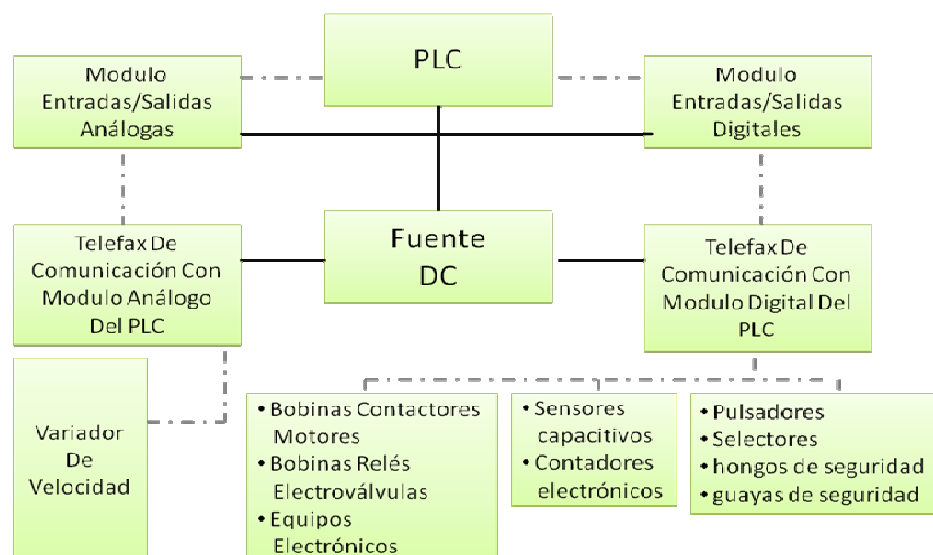
El grafico a continuación ilustra claramente la modularidad del sistema a diseñar.

**Figura 4. Esquema modularidad intercambiable**



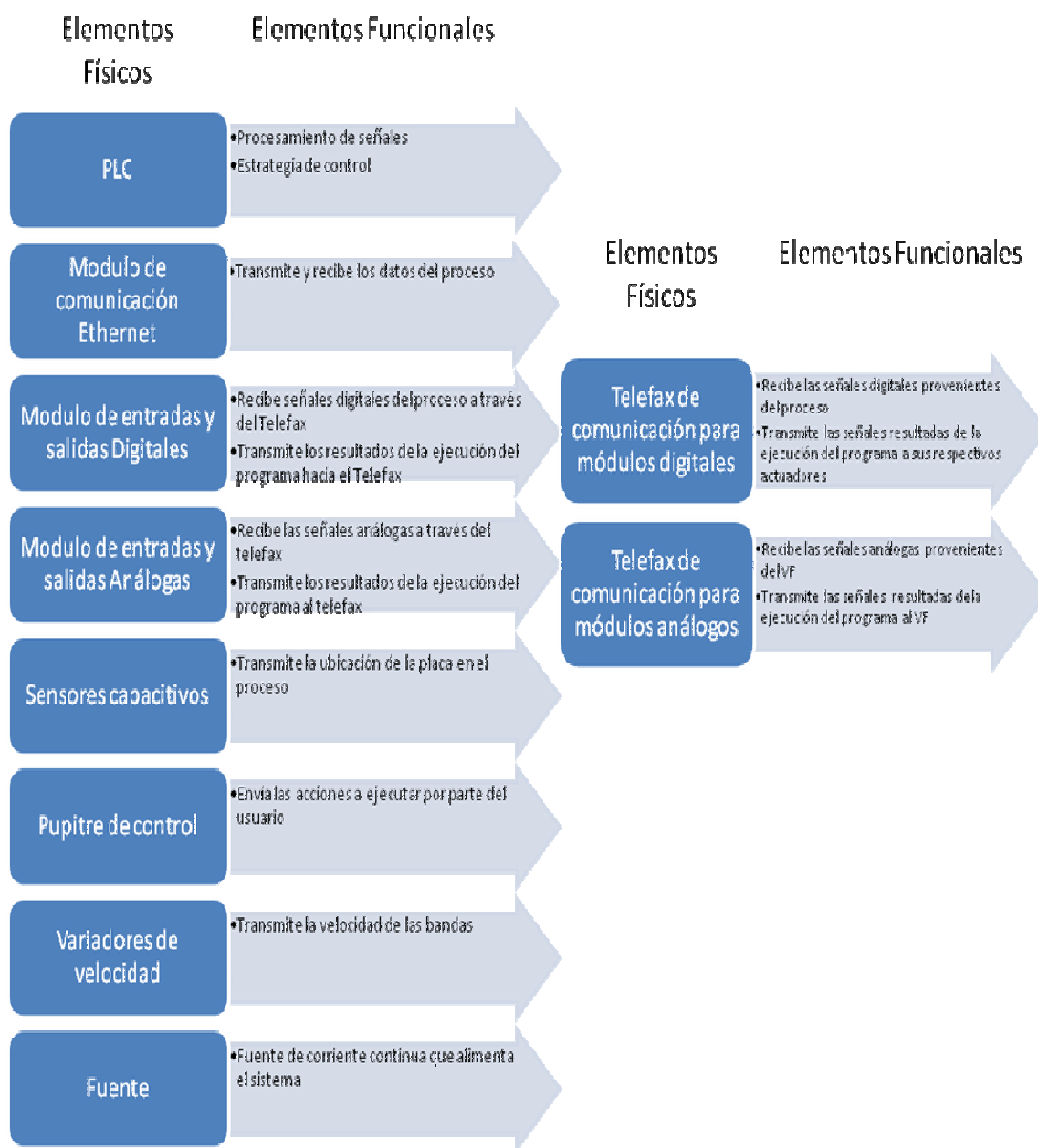
Fuente: Arquitectura de productos [en línea]. Cali, Colombia: Universidad Autónoma de Occidente 2008. [Consultado 10 de Agosto de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.uao.edu.co/>

**Figura 5. Modularidad intercambiable el sistema**





**Figura 6. Relación elementos físicos con funcionales**

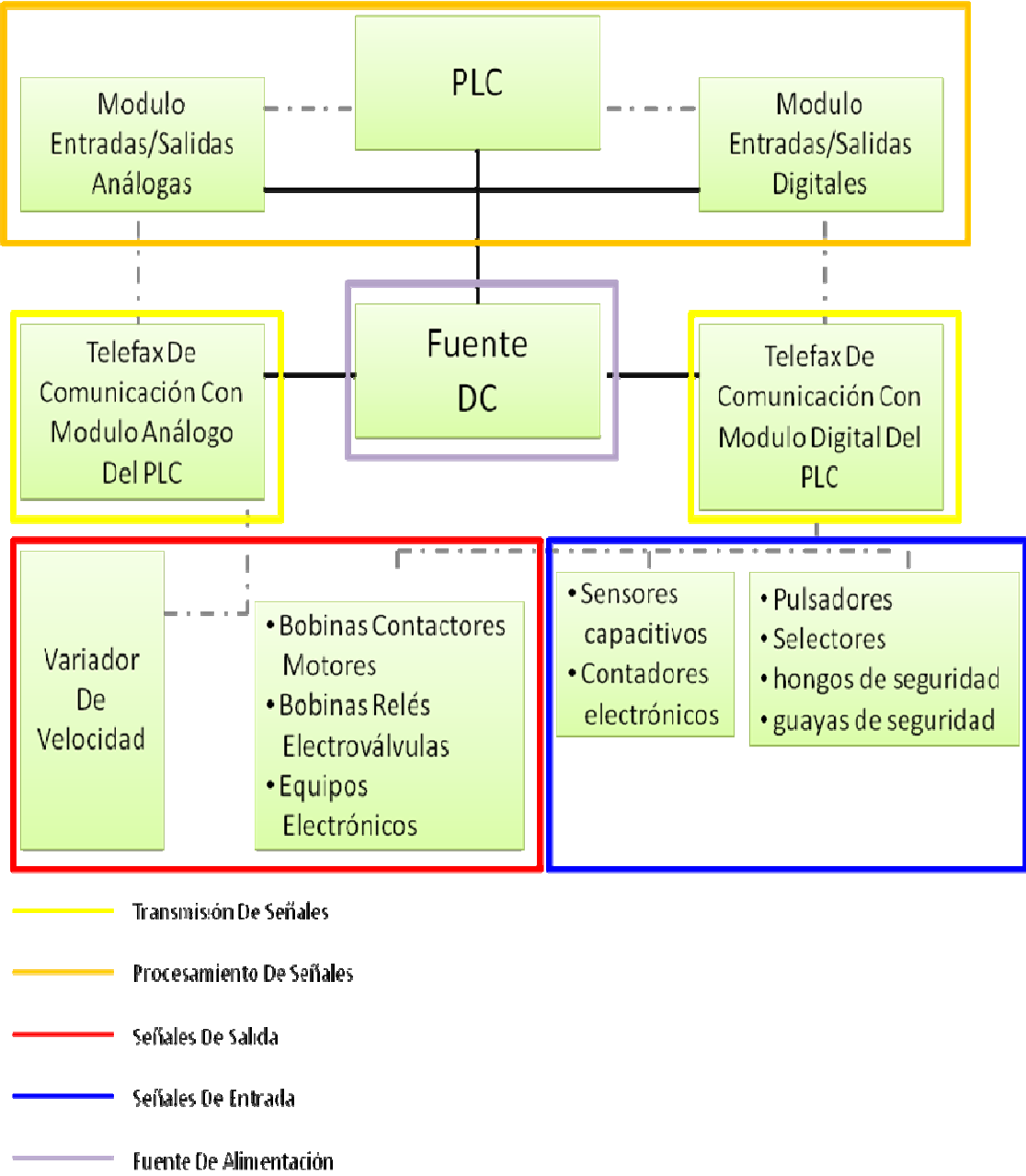


### 6.3. ESQUEMAS DE ELEMENTOS A CONJUNTOS

Para la agrupación de esquemas de elementos a conjuntos se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones para lograr abarcar con plena seguridad las relaciones que puedan existir entre los esquemas.

- Integración geométrica y precisión en el desarrollo del sistema: se refiere a la manera en la cual se encuentran relacionados los esquemas según su forma, tal que tengan cierto grado de similitud.
- Como se comparten las funciones en el sistema: es uno de los puntos más importantes para lograr relacionar los esquemas adecuadamente, podemos hablar de los sensores que cumplen unas funciones similares.
- Capacidad de los vendedores: en realidad este ítem no es de gran relevancia en el sistema.
- Similitud en el diseño o en la tecnología de producción: nuevamente se pueden relacionar los sensores, el PLC con sus determinados módulos.
- Localización de los cambios: es de vital importancia identificar claramente donde se podrán hacer los cambios o ampliaciones del sistema; sin lugar a duda los cambios se pueden dar en las entradas y/o salidas de los módulos, de igual manera en los sensores del sistema.
- Adaptación de las variantes del sistema: se refiere a la facilidad entre los esquemas de adaptar algún cambio que se presente en el camino del diseño.
- Posibilidad de estandarización: integración con los modelos tecnológicos de globalización y de la economía a nivel mundial (Modelos OSI, estándares ISO, normas IEC, etc.)

Figura 7. Esquema de elementos a conjuntos



#### 6.4. DISTRIBUCION GEOMETRICA

La distribución geométrica del sistema ya tiene una parte definida como lo son los sensores y accionamientos que desde un principio tienen una posición determinada en el proceso; por otro lado, la ubicación de los variadores de velocidad y sus respectivos contactores con disyuntor magnetotérmico fue definida en el proceso de diseño.

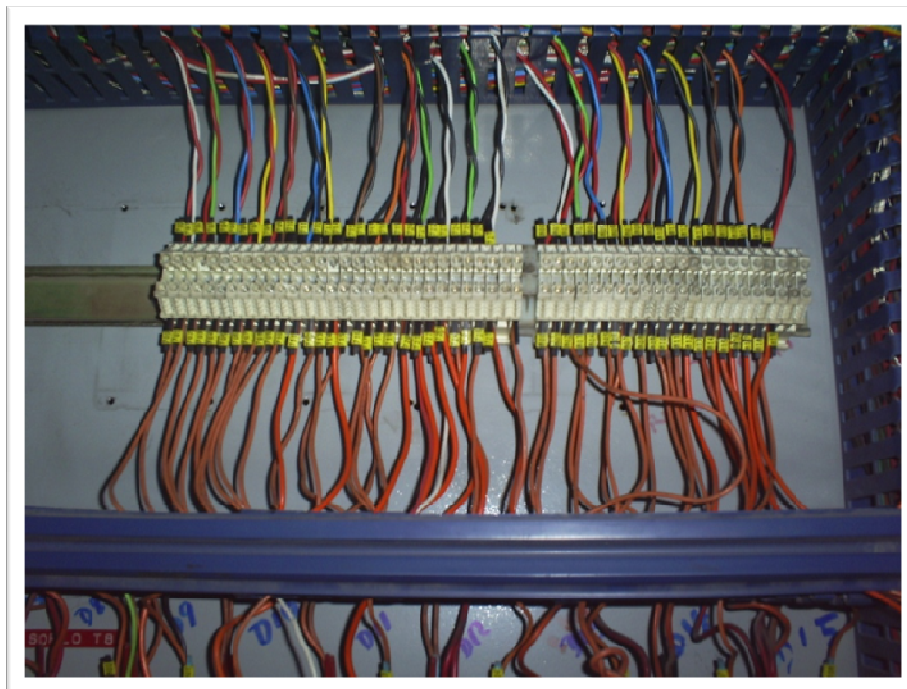
Gracias a que las señales de entrada y salida del proceso ya tenían sus relevos asociados, se estableció de manera secuencial mediante un conjunto de borneras separar las señales de entrada con las de salida con el fin de otorgar claridad y organización al cableado del sistema.

Para la instalación de los variadores de velocidad se tuvo en cuenta las recomendaciones del fabricante para permitir una buena ventilación, reducción de polvo y humedad en el dispositivo.

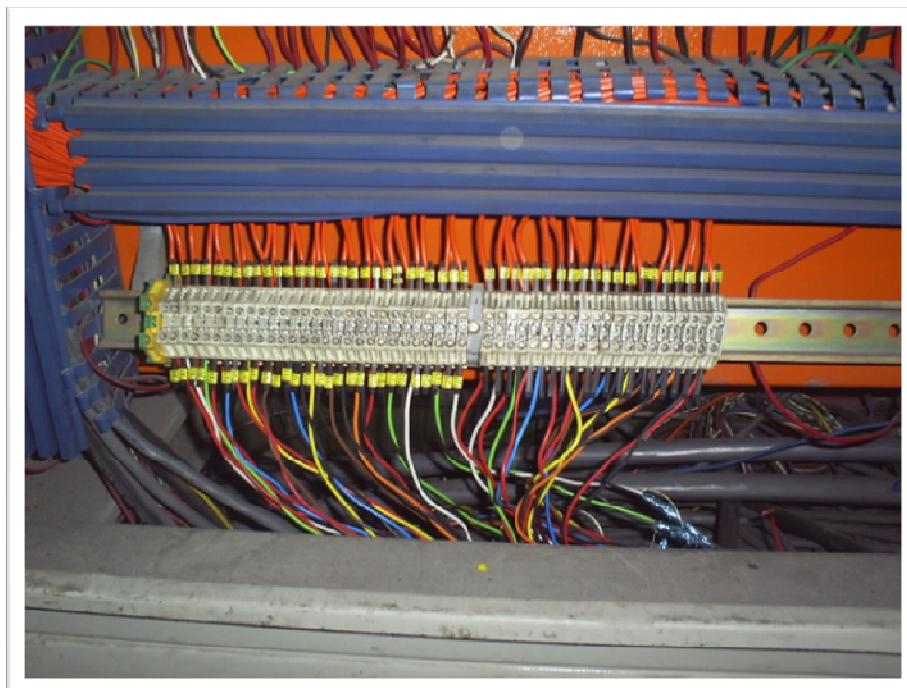
**Figura 8. Distribución geométrica 1**



**Figura 9. Distribución geométrica 2**



**Figura 10. Distribución geométrica 3**



## 7. DISEÑO INDUSTRIAL

Para realizar un buen desempeño en el diseño industrial es necesario tener en cuenta los siguientes objetivos.

- **Utilidad:** Sistema automatizado para el control y sincronización de bandas transportadoras con comunicación Ethernet.
- **Apariencia:** El sistema no necesita de un gran aspecto, lo ideal es que cumpla con las necesidades planteadas.
- **Facilidad de mantenimiento:** Este es un punto importante ya que forma parte de las necesidades del cliente. El mantenimiento es sencillo debido a que se cumplió con las recomendaciones de instalación, solo se requiere un nivel de conocimiento básico para realizarlo, pero realmente se reduce a cambiar o reemplazar los módulos dañados dentro del sistema y a la limpieza eventual debido a la exigencia del ambiente de trabajo del sistema.
- **Bajo costo:** Debido a la modularidad del producto no representa un costo considerable en el proceso de diseño e implementación.
- **Comunicación:** apariencia visual del producto si transmite al usuario su misión.

Una vez analizados los objetivos anteriores es necesario realizar una valoración de las necesidades ergonómicas y estéticas teniendo en cuenta los elementos estudiados y aplicados a las especificaciones de cada proyecto en particular. Justificar su valoración refiriendo a las características específicas del sistema que se desarrolla, también es de suma importancia analizar la predominancia de los aspectos tecnológicos o de los aspectos de los usuarios, justificar su clasificación refiriendo a las características específicas del sistema que se desarrolla.

### 7.1. NECESIDADES ERGONOMICAS

- El sistema de automatización debe tener claramente definidas las señales físicas de control con su debida marcación, para facilitar una ampliación, modificación y mantenimiento del sistema.
- La estrategia de control del sistema de automatización debe ser bien documentada para facilitar el entendimiento del mismo.

- El sistema de automatización debe ser de fácil ensamblaje, que permita un acceso simple al interior del diseño.

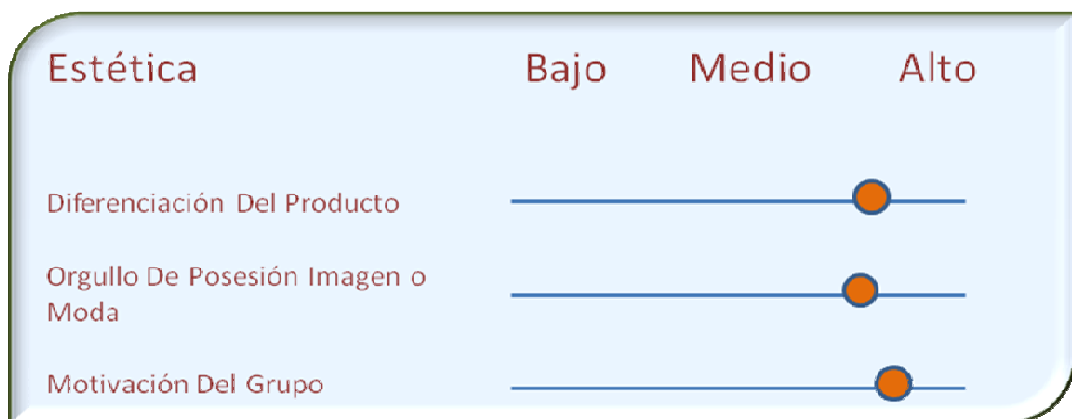
**Figura 11. Evaluación de las necesidades ergonómicas**



## 7.2. NECESIDADES ESTÉTICAS

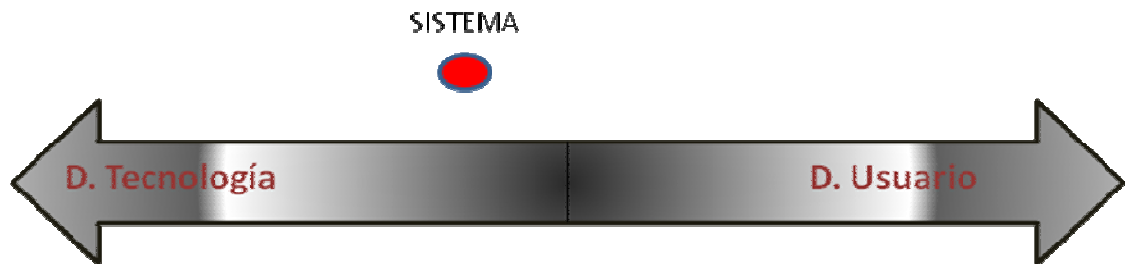
- Orgullo de posesión del producto que le permite al usuario, técnico y demás personas involucradas sentirse a gusto con un sistema automatizado de alta tecnología.

**Figura 12. Evaluación de las necesidades estéticas**



### 7.3. DIRECCION DEL PROCESO DE DISEÑO

Figura 13. Dirección del proceso de diseño industrial



Es claro que el sistema obedece a unas especificaciones que son imprescindibles, más allá de la comodidad para el manejo del sistema y de la buena apariencia del mismo; es más importante el excelente rendimiento y calidad del producto.

Es por esta razón que el sistema dominado por la tecnología.

### 7.4. EVALUACION DE LA CALIDAD DEL DISEÑO INDUSTRIAL

**7.4.1. Calidad de las interfaces de usuarios.** El modo de operación del sistema automatizado será debidamente explicado en el manual del usuario, el cual se entrega a producción y a mantenimiento.

La interfaz de usuario es el pupitre de formación en el deben estar bien especificado los pulsadores y selectores con los cuales debe de interactuar el usuario.

**7.4.2. Requerimientos emocionales.** Este sistema no posee una estética visual fuera de lo normal; sin embargo la presentación del mismo es adecuada e inspira orgullo de posesión, ya que es un sistema personalizado para el proceso de esta planta.

**7.4.3. Facilidades de mantenimiento y reparación.** Este es un punto importante ya que forma parte de las necesidades del cliente.

El mantenimiento es sencillo debido a que se cumplió con las recomendaciones de instalación, solo se requiere un nivel de conocimiento básico para realizarlo, pero realmente se reduce a cambiar o reemplazar los módulos dañados dentro del



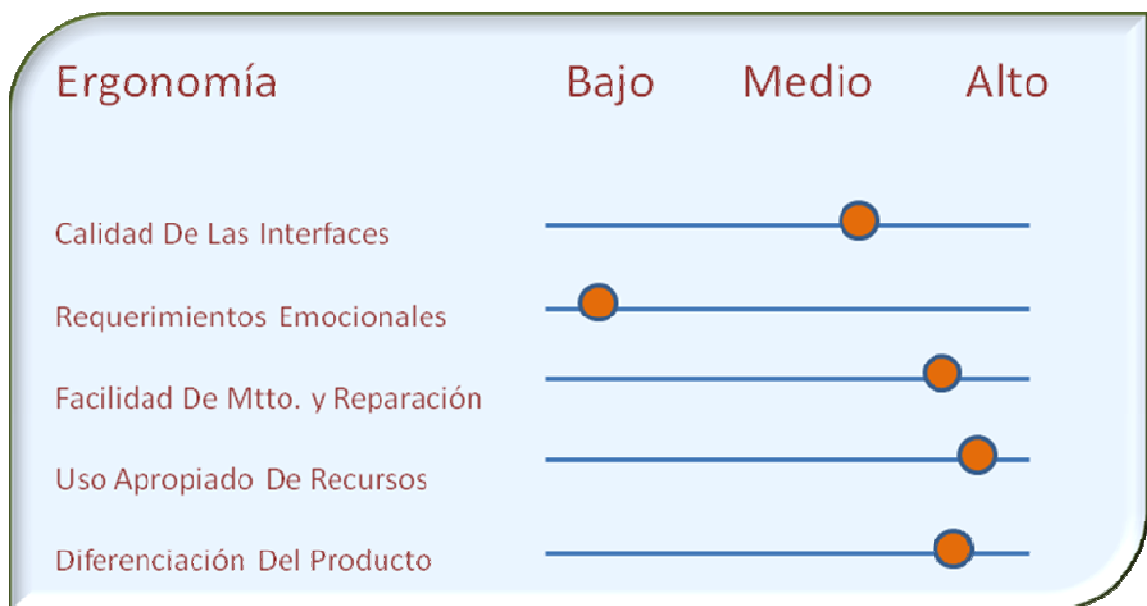
sistema y a la limpieza eventual debido a la exigencia del ambiente de trabajo del sistema.

**7.4.4. Uso apropiado de recursos.** El material y equipos utilizados para el diseño e implementación del sistema, cumplen con la calidad requerida y se ajusta al presupuesto asignado.

El sistema diseñado cumple con los requerimiento exigidos por el cliente con ello se está asegurando la satisfacción del mismo; los aspectos ambientales han sido considerados y se espera cumplir con las normas ambientales para este tipo de productos.

**7.4.5. Diferenciación del producto.** A pesar de que el sistema está orientado a una aplicación específica en un proceso industrial para una determinada empresa, es clara distinguirlo gracias a la innovación y/o tecnología utilizada.

**Figura 14. Valoración del diseño industrial**



## **8. DISEÑO DE HARDWARE Y SOFTWARE**

Para empezar a diseñar el sistema independientemente de hardware o software, se dividió el proceso de diseño en 4 etapas.

- Conocimiento del proceso e identificación de dispositivos (sensores y actuadores) que intervienen en el mismo.
- Montaje e instalación del hardware.
- Identificación de señales físicas que intervienen en el proceso.
- Diseño e implementación de estrategia de control para la automatización del sistema y sincronización de las bandas.

### **8.1. Etapa 1: Conocimiento del proceso e identificación de dispositivos (sensores y actuadores) que intervienen en el mismo.**

Debido a que el proyecto consiste en rediseñar una sección del proceso productivo que actualmente está funcionando, es de suma importancia conocer a fondo el proceso y los dispositivos con los cuales cuenta el sistema actualmente para el control, tales como: pulsadores, selectores, hongos de seguridad, sensores, electroválvulas, motores, equipos de marcación, etc.

La metodología a seguir fue muy sencilla. Se observó cuidadosamente el proceso, se hicieron preguntas a operarios y supervisores sobre el funcionamiento de la máquina; y una vez recopilada la información se puede explicar el proceso.

El formato va girando hasta completar el espesor de placa deseado que depende del número de vueltas al que este programado; una vez completadas las vueltas la placa cae sobre la banda 1, en ella se aplica un soplo a toda la placa para retirar partículas indeseables, luego la placa pasa de la banda 1 a la 2, ahí se aplica el sello de marcación de garantía y el de control de trazabilidad y por último se aplica un chorro de agua sobre la placa; para finalizar la placa es arrastrada por la banda 3 y entre una banda y la otra es cortada longitudinalmente, una vez ubicada por completo en la banda 3 esta debe parar justo en el lugar indicado para continuar con el proceso de ondulación de la placa.

El proceso anterior es válido solo cuando la placa se va a ondular; si la placa va para moldaje no se marca ni se aplica agua, el corte longitudinal se hace entre la banda 1 y 2 y luego en la mitad de la banda 2 la recoge un rodillo para ser enviada a la sección de moldaje.

En la siguiente figura se puede apreciar la maquina Hatscheck

**Figura 15. Maquina hatscheck placas II**



## **8.2. Etapa 2. Montaje e instalación del hardware**

Para la sincronización de las bandas es apropiado utilizar sensores para detectar el movimiento de las bandas y a su vez sensor la velocidad real de cada una; pero realizar este diseño obliga a comprar un modulo de conteo rápido para el PLC lo cual no está incluido dentro del presupuesto; por lo tanto el control de lazo cerrado se hará únicamente con los variadores de velocidad, manejando las entradas y salidas análogas que estos poseen.

Las bandas transportadoras de la maquina Hatscheck eran controladas por motores hidráulicos y es claro, que para hacer la sincronización de las bandas se necesitan motores eléctricos, además de mermar el consumo de energía que genera el motor de la unidad hidráulica.

Es bueno aclarar que los moto-reductores necesarios para esta aplicación ya se habían calculado por el jefe de mantenimiento, lo que se hizo fue escoger los variadores de velocidad adecuados e instalarlos junto con los motores.

### **8.2.1. Selección de equipos y materiales para la conexión**

➤ Variador de velocidad: para hacer una buena selección del variador de velocidad se necesito de las características del motor a controlar y que tuviera salidas y entradas análogas para control en lazo cerrado. Las características del motor son: potencia: 4HP y corriente nominal 6Amp.

Con estos datos es suficiente para seleccionar el variador de velocidad adecuado para esta aplicación. El variador debe ser de una potencia de mínimo 4HP y manejar una corriente de entrada de mínimo 6Amp; los variadores utilizados en Eternit son marca Telemecanique o Danfoss y las ventajas que estas dos marcas ofrecen son muy similares pero por experiencia y servicio técnico post venta se decidió por Danfoss.

- Familia: VLT 2800
- Referencia: VLT 2830
- Potencia: 3 KW
- Potencia Aparente: 4.8 KVA
- Voltaje Entrada: 380 – 450 V a 60 Hz
- Corriente Entrada: 6.5 A
- Corriente Salida: 7.4 A
- Frecuencia Salida: 0 – 1000 Hz

**Figura 16. Variador de velocidad**



Fuente: Veset [en línea]. Colombia: Veset S.A. 2007 [Consultado 30 septiembre 2008]. Disponible en Internet: [http:// www.veset.cl](http://www.veset.cl)

➤ Contactor y Guarda Motor: Para controlar el encendido de los variadores es necesario realizar un conexionado con respectiva protección magnetotérmica y el contactor para permitir el paso de las 3 fases. Para la selección de estos dispositivos es necesario tener en cuenta la potencia a manejar y la corriente nominal del motor y así escoger aquellos que se adapten a la aplicación.

Como se ha dicho anteriormente Eternit perteneció a franceses, y es por eso que en un gran porcentaje los equipos de la planta son Telemecanique; por ello los contactores y disyuntores solicitados son de igual forma Telemecanique.

Se escogió lo siguiente

- LC1 D12F7 Para 7.5 HP a 480V
- GV2ME10 De 4 – 6.3 Amp.

➤ Cable de fuerza y control: El cable a utilizar en cualquiera de los dos casos (fuerza o control) debe soportar la corriente máxima que vaya a circular en el; y teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante se seleccionaron los siguientes diámetros.

- Control: para el control del variador es necesario verificar el diámetro de los bornes de control, los cuales están para un cable #18, este cable resiste más de 1 A, lo cual no va a suceder porque según el fabricante la corriente máxima de salida de la tarjeta de control no supera los 120 mA.
- Fuerza: en este caso se utilizó un cable #12, que perfectamente soporta una carga de hasta 10 A.

**Figura 17. Contactor de fuerza**



Fuente: Polimet [en línea]. Rusia: Polimet S.A., 2008. [Consultado 15 de diciembre 2008]. Disponible en Internet:  
[http://www.polimet.com.pl/druk/produkt\\_druk.php?idp=74](http://www.polimet.com.pl/druk/produkt_druk.php?idp=74)

**Figura 18. Disyuntor magneto-térmico**



Fuente: Polimet [en línea]. Rusia: Polimet S.A., 2008. [Consultado 15 de diciembre 2008]. Disponible en Internet:  
[http://www.polimet.com.pl/18,oferta\\_szukaj,produkt.html](http://www.polimet.com.pl/18,oferta_szukaj,produkt.html)

### 8.2.2. Montaje y conexión del hardware

En el CCM2 se hicieron las respectivas instalaciones eléctricas debido a que en este cuarto de control llegan y salen todas las señales que hacen parte del proceso, además el PLC en cual se hará el control también se encuentra en es cuarto.

Para la conexión de los motores fue necesario sondear 65 m de cable, verificar el conexionado de los bornes en el motor asegurando que fuese para 440 V.

**Figura 19. Conexionado de fuerza #1 (*Contactores*)**



**Figura 20. Conexionado de fuerza #2 (*Disyuntores*)**

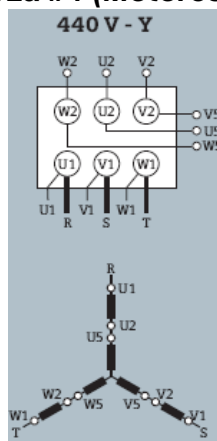




**Figura 21. Conexionado de fuerza #3 (Variadores)**



**Figura 22. Conexionado de fuerza #4 (Motores)**



Fuente: ALLER, José Manuel. Motores trifásicos de inducción [en línea]. Caracas: Universidad Simón Bolívar, 2006. [Consultado 9 de septiembre de 2008]. Disponible en internet en: [http://prof.usb.ve/jaller/Guia\\_Maq\\_pdf/cat\\_motores\\_ind.pdf](http://prof.usb.ve/jaller/Guia_Maq_pdf/cat_motores_ind.pdf)



### 8.3. ETAPA 3: IDENTIFICACION DE LAS SEÑALES FISICAS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO

Debido a que el proceso no es meramente secuencial se decidió hacer la estrategia de control en Ladder sin necesidad de realizar un Grafcet.

Para el completo entendimiento del diseño es necesario conocer claramente las señales a manejar, y para ello tenemos la siguiente tabla.

#### ➤ Señales salida

**Tabla 8. Salidas PLC**

PLC				
Salidas	Marcación En Tablero	Accionamiento	Descripción	Marcación En Campo
%Q8,1	801	Motor	Habilita Banda 1	600
%Q8,2	803	Motor	Habilita Banda 2	601
%Q8,3	804	Motor	Habilita Banda 3	602
%Q8,5	806	Señal Viaja A PLC Onduladora	Inicie Corte En Pórtico Ondulador	603
%Q8,6	807	Motores	Habilita Bandas De Recorte	604
%Q8,8	809	Pistón Neumático	Habilita Bandeja Placa Moldaje	605
%Q8,11	812	Pistón Neumático	Habilita Placa Mala Banda 1	606
%Q8,12	813	Señal	Habilita Sello Domi Matthew	607
%Q8,13	814	Electroválvula	Habilita Regaderas	608
%Q4,24	817	Pistón Neumático	Habilita corte cinta	609
%Q4,25	818	Electroválvula	Habilita Soplo	610
%QW5,0	819W	Señal Viaja A Variador Motor Banda 1	Control Velocidad Banda 1	819W
%QW5,1	820W	Señal Viaja A Variador Motor Banda 2	Control Velocidad Banda 2	820W
%QW5,2	821W	Señal Viaja A Variador Motor Banda 3	Control Velocidad Banda 3	821W

#### ➤ Señales de entrada

**Tabla 9. Entradas PLC**

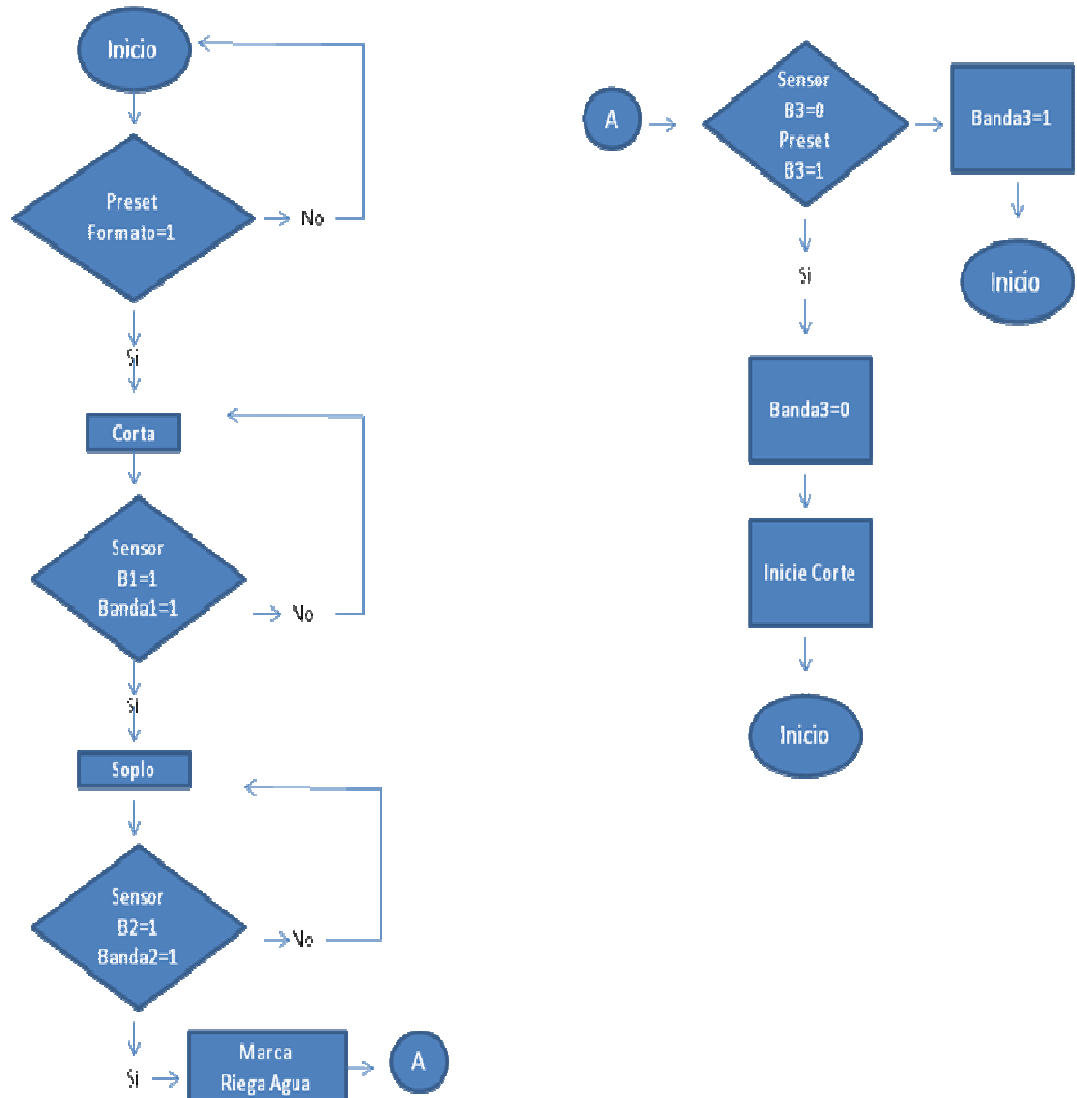
**PLC**

<b>Entradas</b>	<b>Marcación En Tablero</b>	<b>Dispositivo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Marcación En Campo</b>
%I3,16	700	Selector	Incluir 0 Excluir 1 de Banda 1	500
%I3,49	701	Selector	Incluir 0 Excluir 1 de Banda 2	501
%I3,50	702	Selector	Incluir 0 Excluir 1 de Banda 3	502
%I3,51	703	Señal Proveniente De PLC Ondula.	Fin De Corte Sobre Pórtico	503
%I3,52	704	Pulsador	Placa Mala Banda 3	504
%I3,53	705	Señal Proveniente De PLC Ondula.	Inicio De Corte Sobre Pórtico	505
%I3,54	706	Sensor Capacitivo de 12mm	2do Sensor Presencia Placa B1	506
%I3,55	707	Sensor Capacitivo de 12mm	2do Sensor Presencia Placa B2	507
%I3,56	708	Sensor Capacitivo de 12mm	Sensor Presencia Placa B3	508
%I3,57	709	Selector	Automático Manual 1/0	509
%I3,58	710	Señal Contador De Pulsos Banda 3	Preset Cumplido B3	510
%I3,59	711	Pulsador	Placa Mala Banda 1	511
%I3,60	712	Selector	Onduladora Moldaje 0/1	512
%I3,61	713	Pulsador	Tabla Moldaje. Si moldaje es 1	513
%I3,62	714	Selector	Incluir Cortadoras Longitudinales 1,2	514
%I3,63	715	Pulsador	Corte Sobre Pórtico Ondulador En Manual	515
%I3,0	716	Sensor Capacitivo de 12mm	1er Sensor Presencia Placa B1	516
%I3,17	718	Sensor Capacitivo de 12mm	1er Sensor Presencia Placa B2	517
%I3,3	719	Hongo De Seguridad	Emergencia Pórtico Ondulador	518
%I3,5	721	Selector	Corte Manual Sobre Formato	519
%I3,6	722	Selector	Corte Automático Sobre Formato	520
<b>Continuación. tabla 9</b>				

Entradas	Marcación En Tablero	Dispositivo	Descripción	Marcación En Campo
%I3,7	723	Pulsador	Corte Sobre Formato En Manual	521
%I3,10	724	Señal Contador De Pulsos Formato	Preset Cumplido Contador Corte Formato	522
%I3,13	725	Sensor Capacitivo de 12mm	Sensor Vueltas Formato	523
%I3,14	726	Micro De Seguridad	Guaya Seguridad Banda 1	524
%I3,15	727	Micro De Seguridad	Guaya Seguridad Banda 2	525
%IW6,0	728W	Señal De Variador Motor Formato	Velocidad Formato	728W
%IW6,1	729W	Señal De Variador Motor Banda 1	Velocidad Banda 1	729W
%IW6,2	730W	Señal De Variador Motor Banda 2	Velocidad Banda 2	730W
%IW6,3	731W	Señal De Variador Motor Banda 3	Velocidad Banda 3	731W

➤ **Diagrama de flujo.** El siguiente diagrama ilustra cómo debe ser el funcionamiento normal del sistema.

**Figura 23. Diagrama de flujo del sistema**

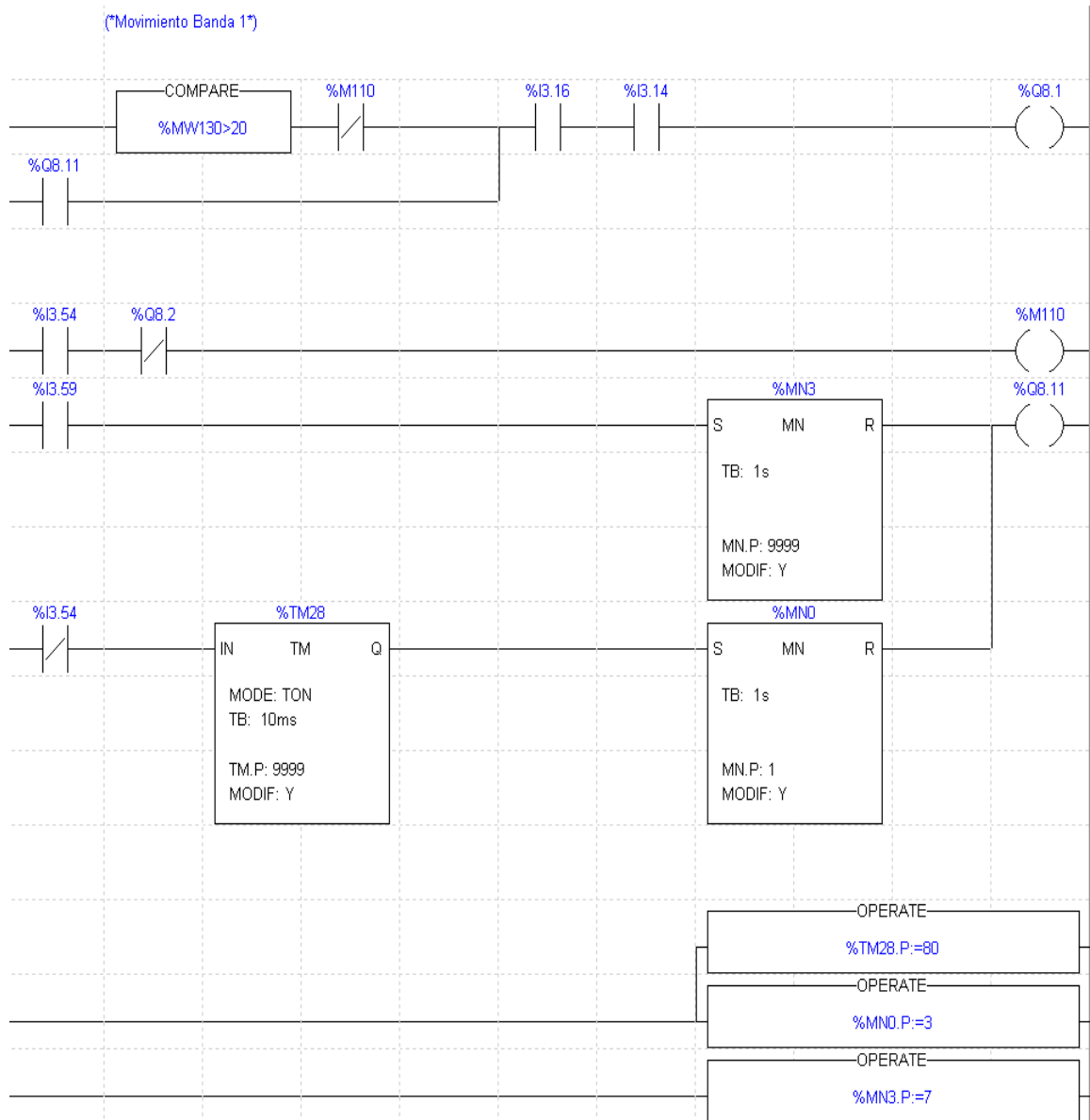


Una vez entendido el diagrama anterior será mucho más fácil comprender el funcionamiento del ladder o de la verdadera estrategia de control.

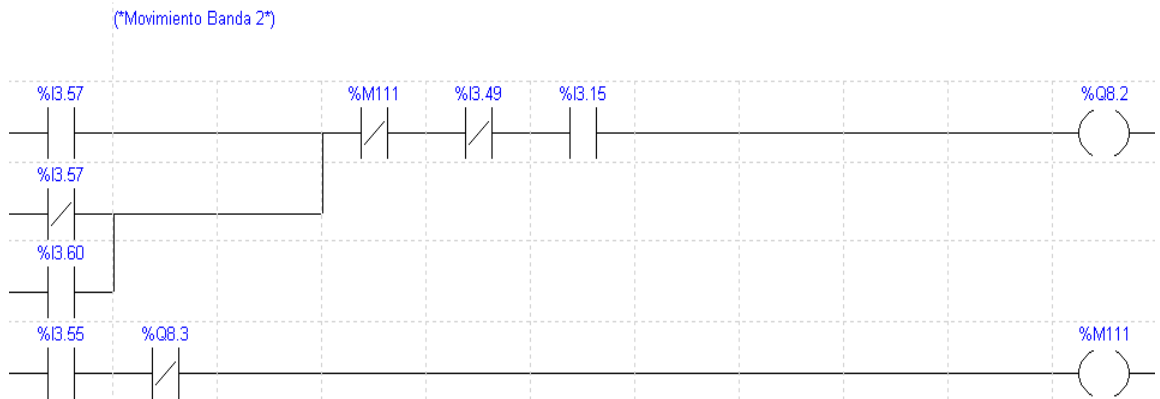
#### **8.4. ETAPA 4: DISEÑO DEL SOFTWARE**

##### **➤ Ladder**

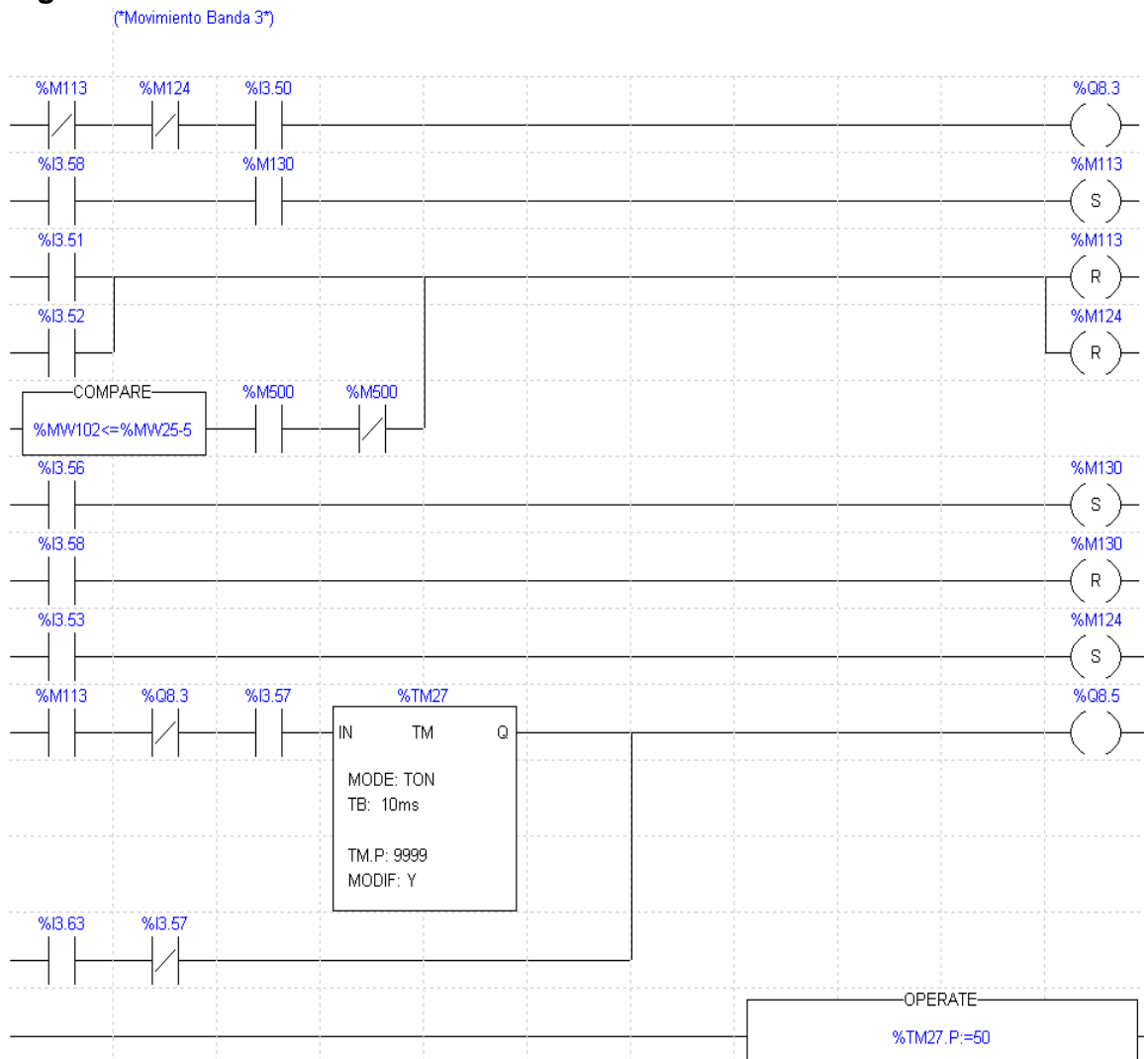
**Figura 24. Label #1 movimiento banda 1**



**Figura 25. Label #2 movimiento banda 2**

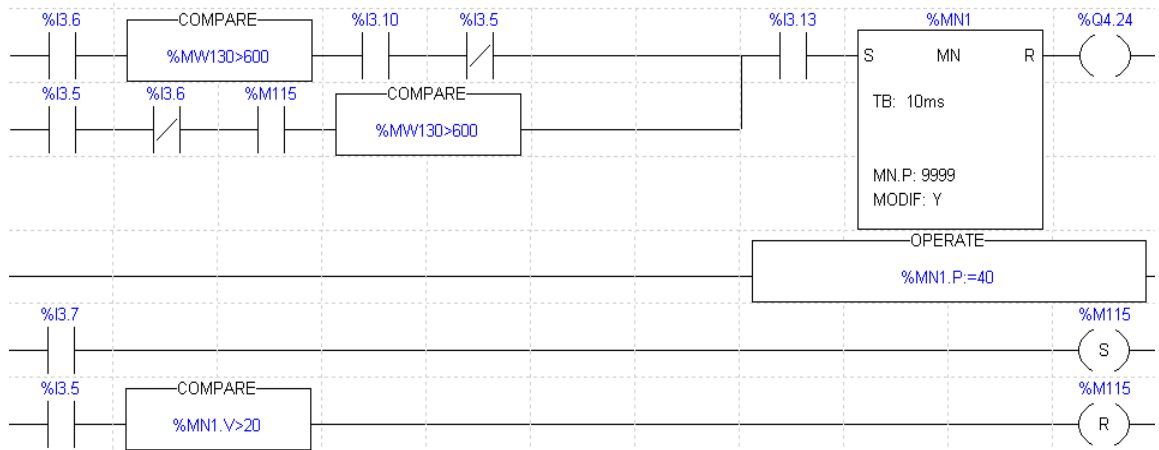


**Figura 26. Label #3 movimiento banda 3**



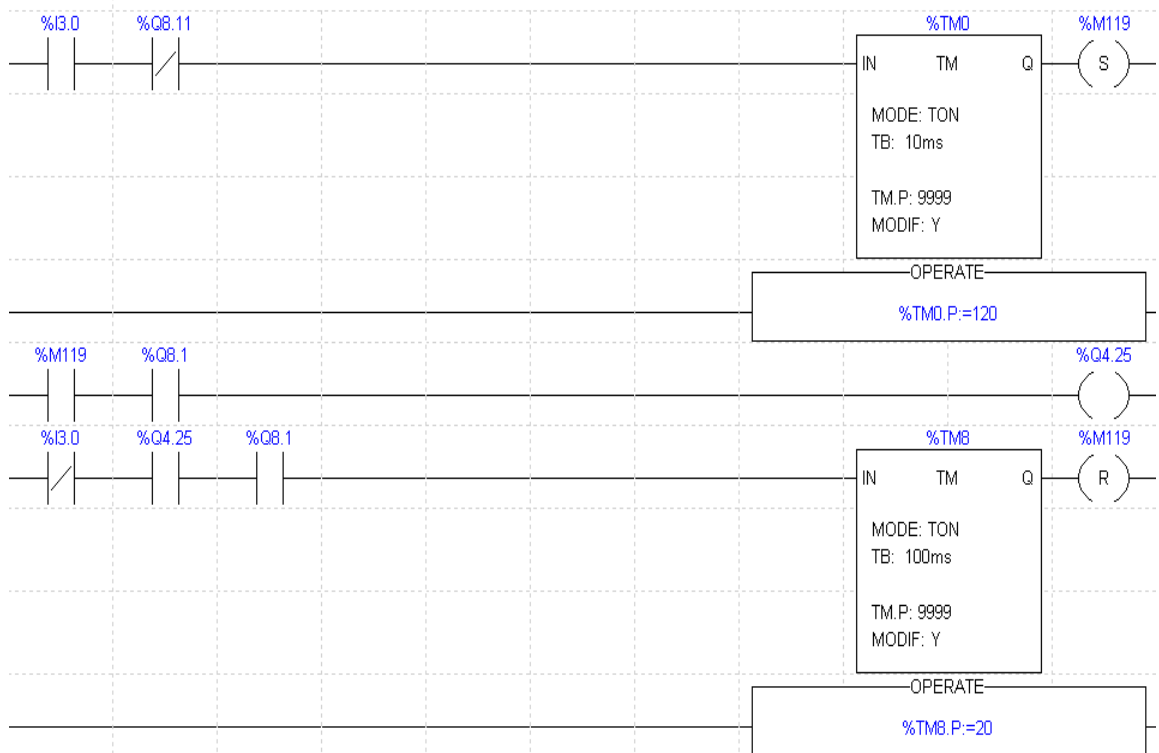
**Figura 27. Label #4 corte sobre formato**

(\*Corte Sobre El Formato\*)



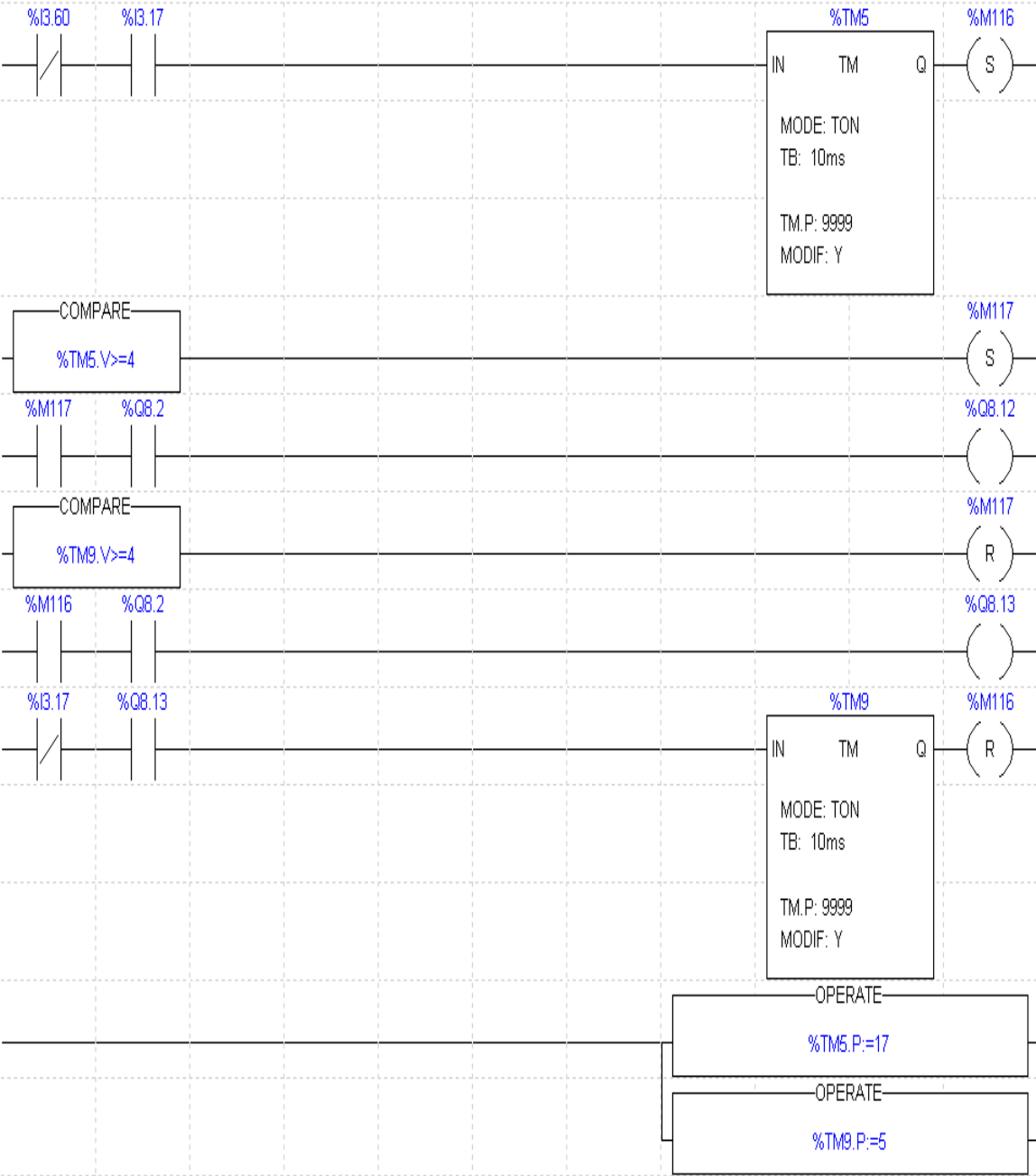
**Figura 28. Label #4 soplo placa sobre banda 1**

(\*Soplo Placa Sobre Banda 1\*)



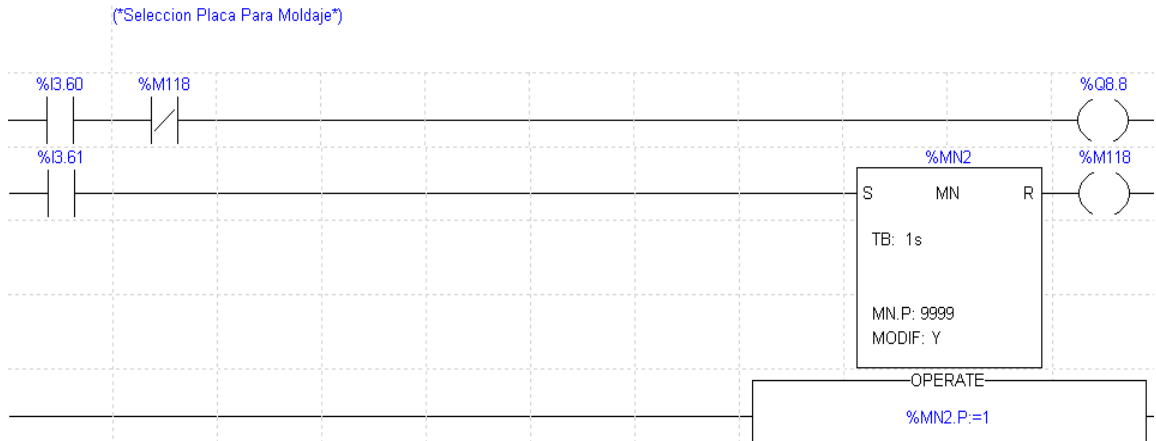
**Figura 29. Label #5 regaderas y sello**

(\*Regaderas y Sello De Marcador Matthews-Domino\*)

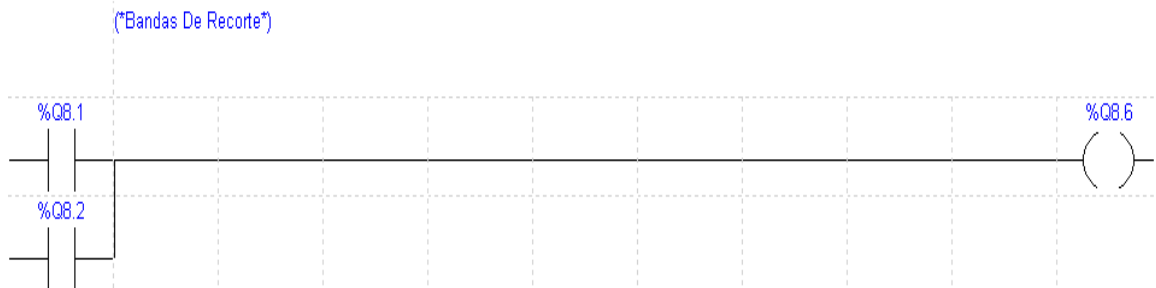




**Figura 30. Label #6 Selección placa moldaje**



**Figura 31. Label #7 Bandas de recorte**



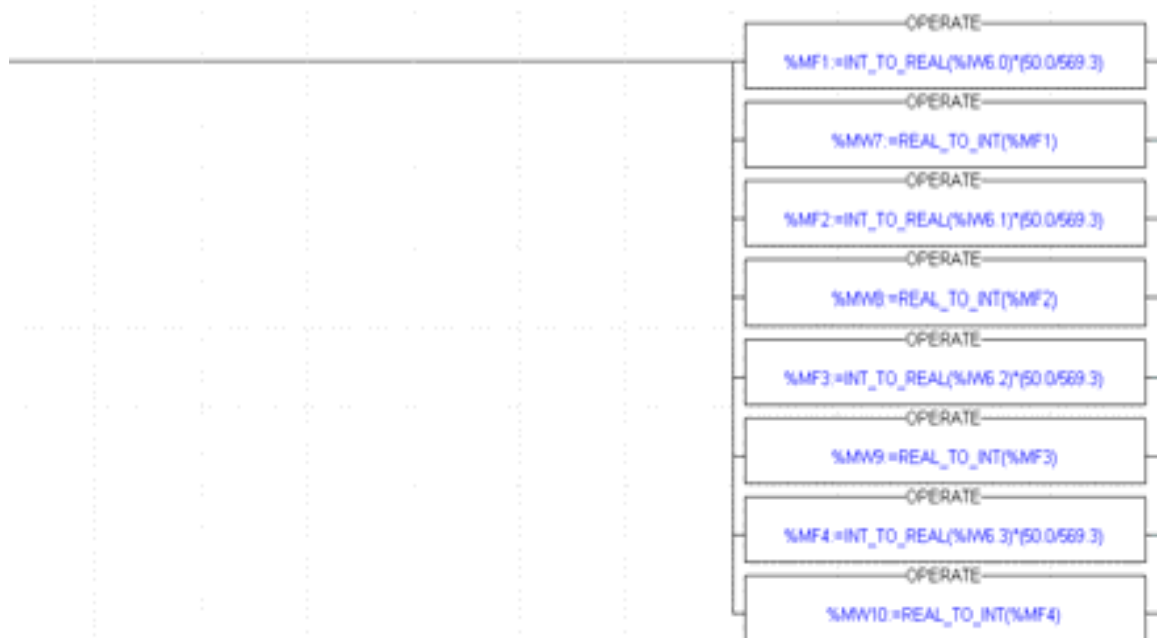
Para lograr la sincronización de las bandas se sensaron las velocidades de las 3 bandas 6 veces por día durante toda una semana, antes de que la maquina parara. Esta actividad se hizo para asegurar un  $\Delta V$  adecuado para cada banda. Hay que recordar que el  $\Delta V$  es con respecto a la velocidad del formato. Al finalizar la semana se recogieron 36 valores por cada banda, con ellos se obtuvo lo siguiente:

**Tabla 10. Factor de corrección ( $\Delta V$ )**

Bandas	$\Delta V$ (m/min)
1	+ 1
2	+ 3
3	+ 1

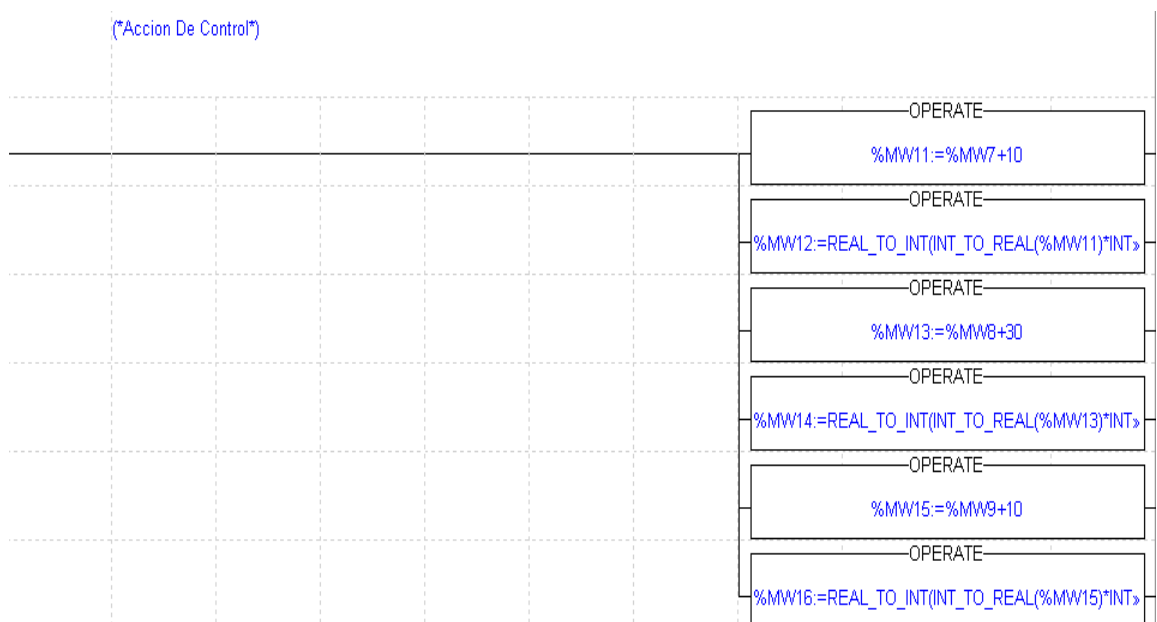
**Figura 32. Label #8 Lectura y escalonamiento velocidad**

(\*Lectura Y Escalonamiento De Velocidades\*)

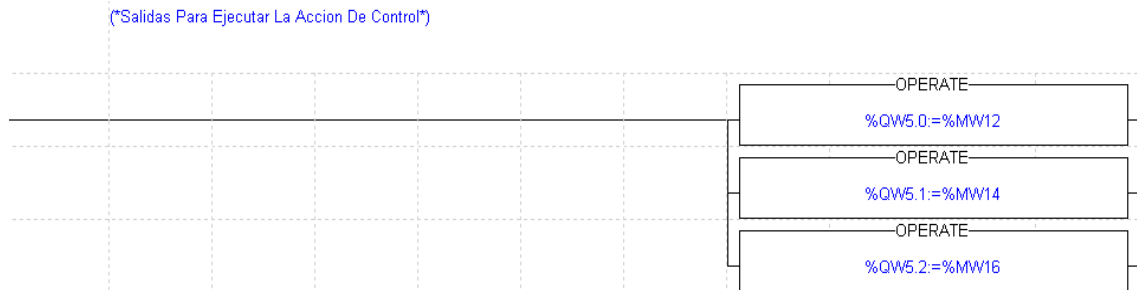


**Figura 33. Label #9 Acción de control**

(\*Accion De Control\*)



**Figura 34. Label #10 Salidas de control**



Esta línea de código me almacena los estados de las variables de entrada del modulo 3 del PLC TSX Premium (de la disolvente) es decir sobre el cual se programo la estrategia de control; esto se hace con el fin de poder usar estas variables en otro PLC en este caso el de la Onduladora.

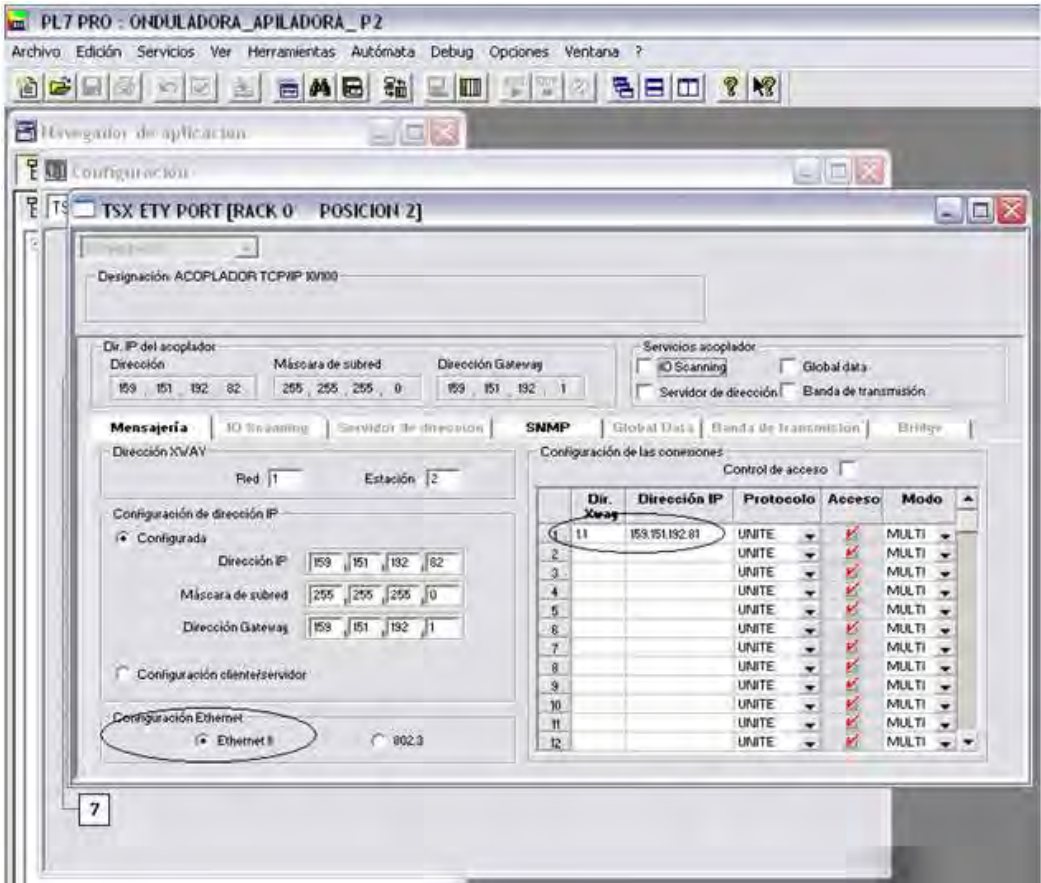
**Figura 35. Label #11 Lectura vía ethernet**



Para lograr configurar el modulo de comunicación del PLC con el fin de dejarlo habilitado para el intercambio de datos entre PLCs vía Ethernet fue necesario consultar en un foro de Schneider sobre cómo logra esto; en el foro nos resolvieron la inquietud y dio resultado al momento de aplicarla. Se realizo lo siguiente.

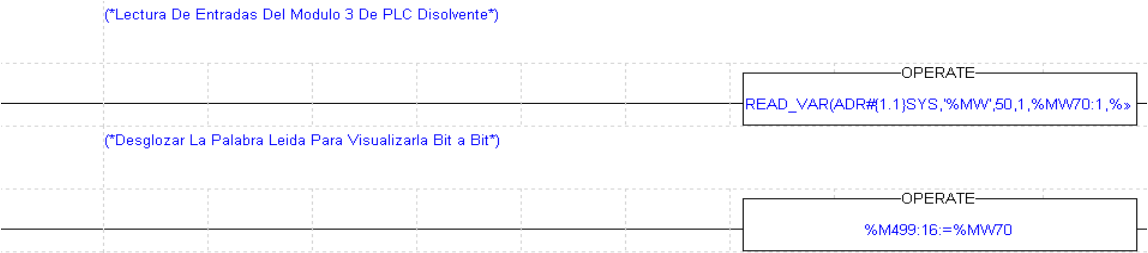
Se tuvo que configurar el PLC que necesita la información (*maestro*) con la dirección del PLC que suministra la información (*esclavo*). De la siguiente manera:

**Figura 36. Configuración modulo de comunicación PLC para habilitar intercambio de datos entre PLCs**



La siguiente línea de código se programa en el PLC maestro para obtener los datos suministrados por el esclavo.

**Figura 37. Lectura entradas PLC disolvente desde PLC onduladora vía ethernet.**



Esto se hizo con el fin de que el operador pueda bloquear el pórtico ondulator desde el pupitre de formación; si miramos la entrada %I3.3 del PLC disolvente pertenece al hongo de seguridad para bloquear el pórtico ondulator; ahora si vemos la variable %M502 del PLC ondulatora corresponde a la %I3.3 del PLC disolvente; por lo tanto con este bit ya es posible bloquear el pórtico ondulator desde el pupitre de formación.

Las velocidades de los motores de las bandas podrán ser supervisadas desde la estación de ingeniería ubicada en el CCM3 (*cuarto con acceso restringido*) ya que en ese PC está instalado el PL7 PRO (*software para programar PLC Telemecanique*); desafortunadamente no será posible que sea visualizado por el operario, debido a que no se diseñó HMI; por la falta de la llave de desarrollo la cual la empresa no tenía presupuestada.

También hay que verificar los Tags disponibles en la magelis una vez que se vaya a diseñar el HMI.

## 9. DISEÑO PARA MANUFACTURA

### 9.1. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE MANUFACTURA

#### ➤ Costo de componentes

##### • Partes estándares

◦	Variadores de velocidad	\$3.939.000
◦	Moto-reductores	\$4.755.000
◦	Contactores	\$639.000
◦	Disyuntores Magneto-térmico	\$810.100
◦	Cables	\$250.000

##### • Partes propias

◦	Mano de obra diseñador	\$3.600.000
---	------------------------	-------------

El valor de los disyuntores se tuvo en cuenta dentro de los componentes utilizados para saber el costo real del sistema; pero en realidad se propuso reutilizar disyuntores en buen estado de procesos que ya no aplicaban en la planta. Con este ejercicio se economizaron \$ 810.000.

El valor del autómatas (*PLC*) no se discriminó dentro de los componentes porque la empresa ya lo tenía; sin embargo en caso de implementar el sistema en otra empresa es necesario tener en cuenta el valor del autómatas si la empresa no lo posee.

### 9.2. COSTO DE ENSAMBLAJE

En realidad este punto no es de gran relevancia, ya que la empresa suministro toda la herramienta y material necesario para ello; además se conto con la ayuda de mecánicos de la empresa para el montaje de los motores, que en realidad era lo más dispendioso.

### 9.3. RESULTADOS

Con el cambio de la unidad hidráulica que movía las 3 bandas mediante un motor de 36 HP (27 KW) por los tres motores eléctricos, se consigue eliminar o disminuir los siguientes impactos

➤ **Impacto Económico.** Antes de iniciar con el proyecto, los costos generados por la unidad hidráulica son:

- El consumo de energía es de 32 KWH, con un costo por KWH de \$290, por lo tanto son 18870 KW mes, que en pesos son \$5.472.000.
- El costo de mantenimiento mensual incluye el consumo de aceite, cambios de empaques, mangueras etc., y es de \$ 202.000.

En total el costo mensual que genera la unidad hidráulica es de \$5.674.000.

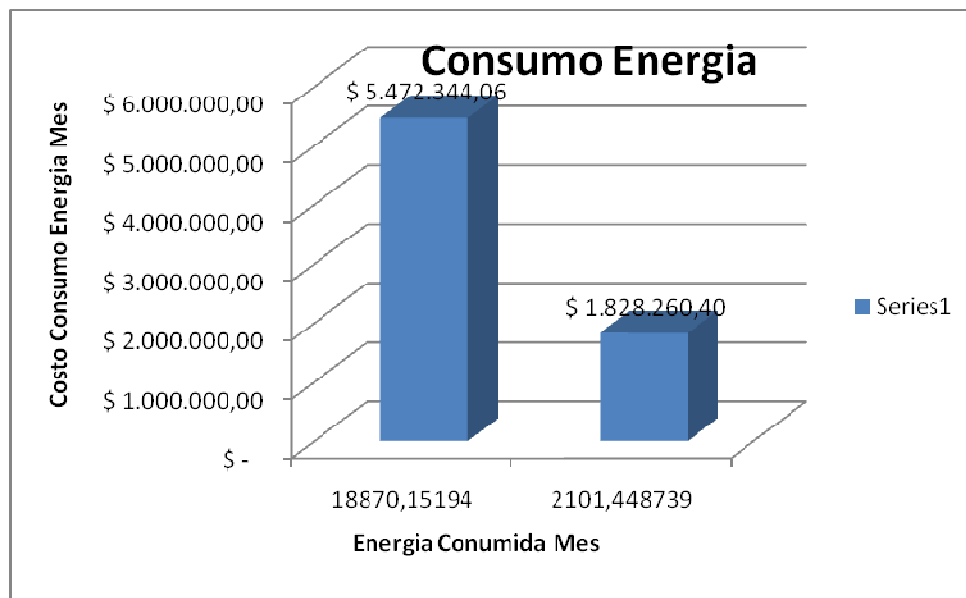
Después de implementado el proyecto los costos generados por los tres motores eléctricos son:

- El consumo de energía es de 3.6 KWH, en un mes son 2101.4 KW, que en pesos son \$1.828.260.
- El costo de mantenimiento mensual incluye el cambio de aceite en el reductor, rodamientos en el motor etc., y es de \$98.000.

En total el costo mensual que generan los 3 motores es de \$1.926.260

En la siguiente grafica se puede apreciar con mayor claridad los costos de energía (costos más significativos) generados por cada sistema.

**Figura 38. Comparativo consumo de energía**



El ahorro de energía con la puesta en marcha del proyecto es del \$3.644.083

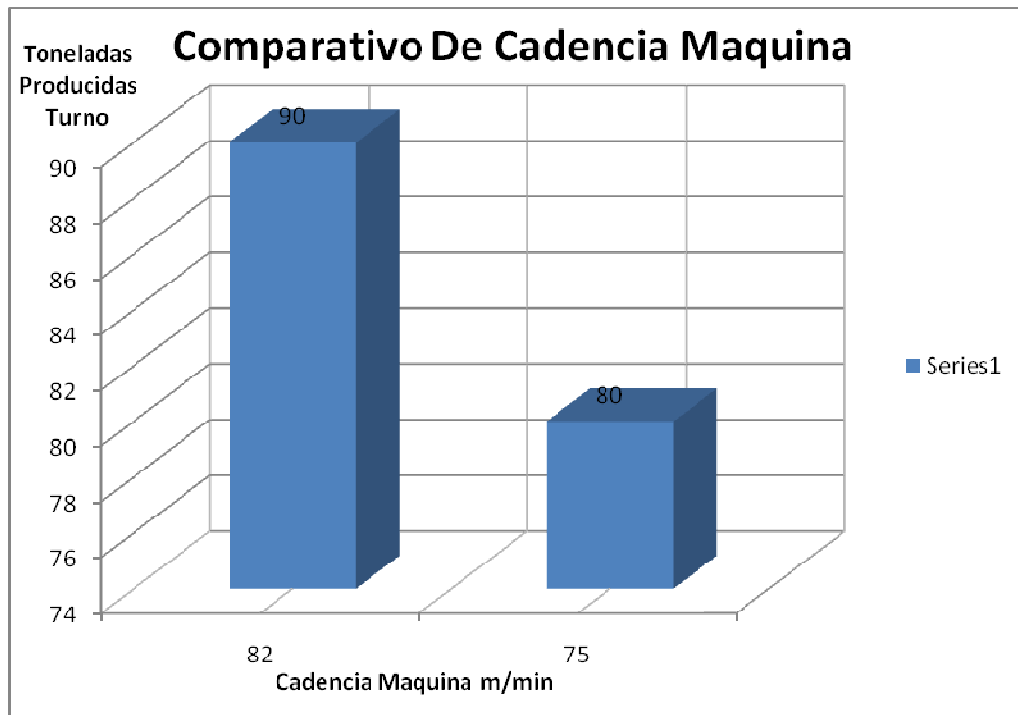
#### ➤ **Impacto Socio Ambiental**

- Al eliminar la unidad hidráulica el consumo de aceite desaparece, y con ello los derrames ocasionados por fugas o mal uso del mismo; generando así un ambiente laboral más limpio y seguro.
- La contaminación auditiva generada por la unidad hidráulica disminuye.
- Se gana espacio en la planta y en los cárcamos de la misma.

Con la sincronización de las bandas, se consigue la reducción de placa perdida por apiñamiento o rasgadura, se aumenta la cadencia de maquina logrando aumentar la productividad.



**Figura 39. Comparativo Cadencia Maquina**



En la grafica se puede apreciar claramente que el porcentaje de aumento es alto; en cadencia es el 9% y en productividad es del 13%.

El costo mensualmente ahorrado por la compañía sin tener en cuenta el aumento productivo y de cadencia que se logro con el proyecto es de \$3.748.083 que equivale al 66%; con este valor y con el costo total del proyecto (indicado anteriormente) se puede establecer la tasa de retorno del mismo.

**La Tasa De Retorno** del proyecto es del 27%/mensual; es decir, el valor invertido se recupera en 15 semanas.

#### **9.4. PRECIO DE VENTA SUGERIDO**

El precio de venta de este tipo de proyecto no es realmente predecible, porque depende de las necesidades especificas del cliente, de los equipos que el posea para el desarrollo del sistema y del mismo proceso como tal, es decir no es lo mismo automatizar 3 bandas que 5. Por ello no es posible definir un precio real de venta hasta no conocer las condiciones y componentes del proceso a automatizar.

## **10. DISEÑO PARA MANTENIMIENTO**

Para la facilidad del mantenimiento a la hora del diseño, se tuvo en cuenta las recomendaciones del fabricante al momento de la instalación de los equipos utilizados, los variadores y demás implementos se ubicaron talque la postura que el técnico tenga que adoptar para hacer el mantenimiento sea una postura ergonómica.

Como se sabe, los componentes eléctricos y electrónicos requieren poco mantenimiento, debido a que estos cuando fallan, por lo general, es porque deben cambiarse por nuevas piezas, es por esto que el mantenimiento se puede reducir a la limpieza eventual y analizar el comportamiento de los circuitos; de igual manera para los motores, claro está que a estos se les deben de cambiar los rodamientos una vez cumplan su vida útil.

## 11. RECOMENDACIONES

Tal como se planteo en los objetivos específicos las recomendaciones o mejoras futuras son las siguientes:

- El sistema funciona bien; sin embargo hay una pequeña diferencia entre los valores reales medidos en la banda con un tacómetro con los valores que arroja el variador. Esto sucede porque el sistema de transmisión entre el moto-reductor y el rodillo va sufriendo desgaste, otra razón puede ser la tensión que hay entre la banda y el rodillo transmisor; por tal razón lo más recomendable es medir por medio de un encoder la velocidad de las bandas y con la señal que estos me generen realizar el control.
- El sistema de placas I cuenta con estos sensores ubicados en la cola del motor. Ese sitio para los sensores no es adecuado; ya que el motor puede seguir funcionando y la banda estar parada porque la cadena del acople se daño, o el eje del motor se partió, en fin pueden suceder varios inconvenientes; es por eso que se recomienda al momento de hacer la mejora los sensores sean instalados en el eje del rodillo transmisor. *(Esta recomendación también se hizo para Placas I).*
- También se recomienda usar 2 encoder por banda en caso de que alguno sufra una avería o rotura el otro seguirá sensando la velocidad de la banda evitando daño en la placa y paro de producción. *(Esta recomendación también se hizo para Placas I).*
- Se recomienda adquirir la llave de desarrollo para el PCim; con el fin de tener acceso a este programa para realizar el HMI del sistema; con la ventaja de que la llave queda sirviendo para futuras aplicaciones.

## 12. CONCLUSIONES

- Aplicando correctamente el método de diseño concurrente es posible satisfacer los requerimientos del cliente con más claridad, se debe realizar una buena consulta de las necesidades reales y convertirlas en valores medibles de ingeniería, que permiten generar conceptos para luego seleccionar el óptimo y la manera de distribuir los esfuerzos de diseño.
- Se logra cumplir a cabalidad con la automatización de la maquina Hatscheck y junto con ello la sincronización de las bandas 1,2 y 3 de la misma. Las velocidades de las bandas para cada motor quedaron enlazadas una con otra mediante los variadores de frecuencia y referenciadas con la velocidad principal, es decir la del formato; para cumplir con las necesidades del cliente.
- En el ítem 9.3 se encuentra plenamente explicado los resultados de optimización y reducción de costos una vez culminado el proyecto. Esos resultados se generaron gracias a la correcta sincronización de velocidades entre el formato y las bandas de transporte placa.
- Las mejoras y sugerencias patentes con la culminación del proyecto se plantearon en el punto anterior (ítem 11).
- De este informe se hace una copia para entregar al área de producción y mantenimiento de la empresa.
- El diseño de un sistema automatizado para una empresa multinacional es realmente exigente y más cuando se trabaja sobre la maquina principal de dicha empresa; y la verdad la presión que hay sobre el diseñador por parte de sus superiores no se compara con lo vivido en la universidad.
- Es muy diferente cuando se hace un diseño de un sistema que va a funcionar por primera vez, comparado con un sistema que ha venido funcionando ya que con este ultimo pueden surgir inconvenientes o problemas que no están presupuestados en el diseño; por es bueno abarcar en todo lo posible el proceso a rediseñar, también es recomendable hacer buen uso del tiempo teniendo en cuenta los imprevistos. En el diseño de un dispositivo,

- El método de diseño mecatrónico da una mayor cobertura en el diseño, permitiendo garantizar un producto que está a nivel de la competencia más fuerte, con un valor agregado y diferenciado, tanto funcionalmente como estéticamente, si es el caso, además de satisfacer principalmente al cliente.
  
- Cuando se va a trabajar en una industria es bueno tener claro el cronograma de trabajo y darlo a conocer a las personas que autorizan la realización del mismo; ya que, es muy posible que puedan cambiar el tiempo asignado para dicho proyecto, tal como sucedió en este caso. Esto ocasiono atraso en la finalización del proyecto ya que me comprometí con la implementación, sin embargo en otras circunstancias eso puede acarrear multas y/o sanciones, por ello se debe ser exigente en ese aspecto.
  
- Es de suma importancia como ingeniero, tener presente y muy claro los riesgos y la seguridad industrial de la maquina o proceso. Es necesario tener este pensamiento presente desde el inicio del diseño ya que cualquier accidente ocasionado por un mal diseño puede conducir a sanciones económicas y/o penales según el caso.
  
- Al momento del arranque del sistema es muy común que surjan problemas; por tal razón es de suma importancia realizar simulaciones y pruebas en campo.

## BIBLIOGRAFIA

ALLER, José Manuel. Motores trifásicos de inducción [en línea]. Caracas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar, 2006. [Consultado 9 de septiembre de 2008]. Disponible en internet en: [http://prof.usb.ve/jaller/Guia\\_Maq\\_pdf/cat\\_motores\\_ind.pdf](http://prof.usb.ve/jaller/Guia_Maq_pdf/cat_motores_ind.pdf)

Arrancadores y variadores de velocidad electrónicos [en línea]. Buenos Aires, Argentina: Cuaderno técnico 208 Schneider Electric, 2007 [Consultado 10 de agosto de 2008]. Disponible en internet en <http://www.schneider-electric.com.co/>

BARNARD James L. Mantenimiento Pro-Activo [en línea]. Santiago e Cali, Colombia: Fenalco Valle, 2006 [Consultado 20 de noviembre de 2008]. Disponible en internet en: [http://www.fenalcovalle.com/memorias\\_y\\_documentos/expoindustrial/](http://www.fenalcovalle.com/memorias_y_documentos/expoindustrial/)

Portal comunidad internacional de electrónicos [en línea]. Buenos Aires, Argentina: Foros de electrónica, Comunidad Internacional de Electrónicos, 2008 [Consultado 10 Octubre 2008]. Disponible en Internet en: <http://www.forosdeelectronica.com/about3742.html>

Manual electrotécnico telesquemario telemecanique [en línea]. Valladolid, España: Schneider Electric S.A., 1999. [Consultado 9 Julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.schneiderelectric.es>

Manual variador de velocidad VLT serie 2800. Latino America: Danfoss S.A., 2008 [Consultado 10 Agosto de 2008]. Disponible en Internet: [http://www.danfoss.com/Latin\\_America\\_spanish/Products/Categories/Categories.htm?ProductTypesInCMS=true&segment=MC&ProductTitle=Convertidores+de+Frecuencia&category=58](http://www.danfoss.com/Latin_America_spanish/Products/Categories/Categories.htm?ProductTypesInCMS=true&segment=MC&ProductTitle=Convertidores+de+Frecuencia&category=58)

MAUREN, Aller. Measurement, Instrumentation and Sensor Handbook. Boca Ratón FL: CECSA, 1999. 1200 p.

Portal, autómatas industriales [en línea]. Buenos Aires, Argentina: Autómatas org, 2006. [Consultado 25 Agosto de 2008]. Disponible en: <http://www.automatas.org>

ROJAS, Héctor Fabio. Cómo funcionan las cosas. Especialización Servoactuadores [CD-ROM]. Trabajo de grado Especialización servoactuadores. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingenierías. Departamento de Automatica y Electronica, 2006. 1 CD-ROM

SMITH, Carlos A; CORRIPIO, Armando. Control automático de procesos, teoría y práctica. México D.F.: Limusa, S.A. 1991. 717 p.

Sistemas de control [en línea]. Caracas, Venezuela: Alpargata, 1999. [Consultado 2 de Diciembre de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.alpargata.org.ve/qscada.php>

SOL plataforma multinivel para consultas técnicas y administrativas [en línea]. Buenos Aires, Argentina: Schneider Electric, 2008. [Consultado 2 de Noviembre de 2008] Disponible en Internet en <http://www.schneider-electric.com.ar/sol/>

## **ANEXOS**

**Anexo A. Diseño e implementación de sincronización y automatización de las bandas 1, 2 y 3 de la maquina hatscheck de placas ii de Eternit Colombiana S.A.**

**Anexo B. Archivo adjunto: Cx\_2 PREMIUM (PL7 PRO) READ\_VAR.pdf**



# **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SINCRONIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LAS BANDAS 1, 2 Y 3 DE LA MAQUINA HATSCHECK DE PLACAS II DE ETERNIT COLOMBIANA S.A.**

**Carlos Augusto Ocampo Rodríguez**

Universidad Autónoma de Occidente  
Cali, Colombia

**Abstract:** La empresa Eternit Colombiana S.A. ha manifestado una necesidad, que dio origen a este proyecto. Básicamente el proyecto consiste en automatizar el proceso de la maquina Hatscheck de placas II, esto lleva consigo la sincronización de las bandas 1,2 y 3 de la maquina. En la actualidad la mayor parte del proceso se encuentra automatizado pero es controlado por un PLC TSX 17 de Telemecanique el cual debido a su antigüedad a presentado problemas en varias ocasiones; adicionalmente el PLC TSX 17 no posee modulo de comunicación e interfaz de programación; respecto a la sincronización de las bandas no hay nada implementado. Por lo anterior; es evidente la necesidad que presenta la empresa y con este proyecto se dará solución al problema trayendo consigo nueva tecnología, mejoras en el proceso y la oportunidad de ampliaciones o modificaciones futuras sobre el mismo.

**Keywords:** sincronización, hatscheck, formato principal, placas II, separación galvánica.

## **1. INTRODUCCION**

Eternit Colombiana S.A. es una industria que se remonta al 21 de mayo de 1942, fecha en que fue fundada dicha entidad. La fábrica inició actividades con la producción de placas onduladas de fibrocemento, con tan alta aceptación que dos años después se estableció una planta en Cali y otra en Barranquilla, naciendo

así Eternit Pacifico S.A. y Eternit Atlántico S.A.

En la actualidad Eternit es una multinacional que cuenta con 7 cedes ubicadas en Latinoamérica de las cuales tres están en Colombia, una en Bolivia, Ecuador, Costa Rica, y otra en panamá; estas siete compañías pertenecen al grupo

Mexicano llamado Mexalit el cual es dueño de 18 plantas industriales dedicadas a la construcción en todo Latinoamérica.

La maquina principal de Eternit es denominada Placas II, y es aquí en donde se desarrollara el proyecto. Placas II está dividida en 5 secciones; el proyecto se encuentra enfocado en la hatscheck, esta sección es la encargada de formar la placa, y transportarla hacia el pórtico ondulator; para lograr esto la placa pasa por tres bandas transportadoras las cuales deben tener la velocidad adecuada para no causar fuerzas s de compresión o tracción en la placa. En el trayecto de la placa ocurren una serie de eventos sobre la misma, como cortarla, marcarla y mojarla. Este proceso de control no es posible modificarlo ni tener acceso a la estrategia de control.

La importancia de este proyecto se basa en rediseñar la estrategia de control e implementarla en un PLC con modulo de comunicación, con esto ya es posible realizar la sincronización de la velocidad en las bandas respecto a la velocidad del formato.

Con este proyecto se optimizan los tiempos, se corrigen los defectos de rasgadura o apiñamiento en la placa por diferencia de velocidades, se adiciona esta sección del proceso a la red interna de comunicación, se facilita cualquier posible cambio o ampliación en el proceso y además de lo anterior se actualiza tecnológicamente la maquina.

## 2. PROCESO DE DISEÑO

La metodología implementada en el desarrollo de este proyecto, es el método

de diseño concurrente, enseñado y recomendado para proyectos de ingeniería en la Universidad Autónoma de Occidente, con el cual, se conformo un grupo de conceptos a desarrollar, utilizando un método de selección por comparaciones, en parte objetivas y en parte subjetivas, se obtuvo el mejor concepto a desarrollar y del cual se presenta a continuación el resultado de la descomposición funcional del sistema.

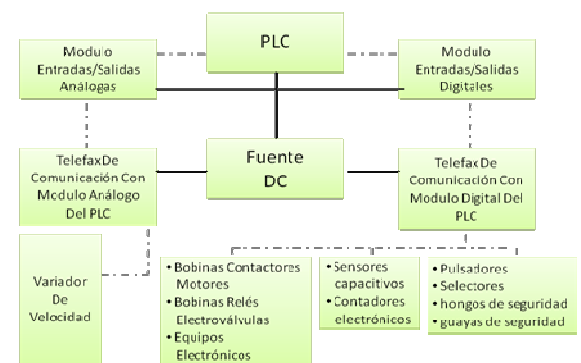


Fig. 1: Esquema De Descomposición

Tal como se puede apreciar en la figura anterior el sistema debe tener una alimentación, estará controlado por un PLC y las señales para el control vendrán de sensores, pulsadores y selectores;

Para realizar una buena estrategia de control se tuvo en cuenta a las personas que interactuaban en la maquina con mayor frecuencia, además del seguimiento que se hizo la identificación y entendimiento del proceso.

Para empezar a diseñar el sistema independientemente del hardware o software, se dividió el proceso de diseño en 4 etapas.

- Conocimiento del proceso e identificación de dispositivos (sensores y actuadores) que intervienen en el mismo.
- Montaje e instalación del hardware
- Identificación de señales físicas que intervienen en el proceso
- Diseño e implementación de estrategia de control para la automatización del sistema y sincronización de las bandas.

## 2.1. CONOCIMIENTO DEL PROCESO

Debido a que el proyecto consiste en rediseñar una sección del proceso productivo que actualmente está funcionando, es de suma importancia conocer a fondo el proceso y los dispositivos con los cuales cuenta el sistema actualmente para el control, tales como: pulsadores, selectores, hongos de seguridad, sensores, electroválvulas, motores, equipos de marcación, etc.

La metodología a seguir fue muy sencilla. Se observó cuidadosamente el proceso, se hicieron preguntas a operarios y supervisores sobre el funcionamiento de la máquina.

## 2.2. DISEÑO HARDWARE

En el CCM2 se encuentran todos los elementos eléctricos que forman parte del control de la máquina y que a su vez hacen la separación galvánica entre las diferentes señales eléctricas. De este cuarto se tomó la energía eléctrica para los moto-reductores que serán controlados

por variadores de velocidad marca Danfoss de la familia 2800.

Los variadores se configuraron para recibir una señal de 4-20 mA que controla la velocidad; de igual manera sacan y generan una señal de salida de 4-20 mA para indicar la velocidad que está transmitiendo al motor.

En la conexión de los motores fue necesario verificar la configuración de los bornes para asegurar una conexión a 440 V.



Fig. 2: Variadores De Velocidad

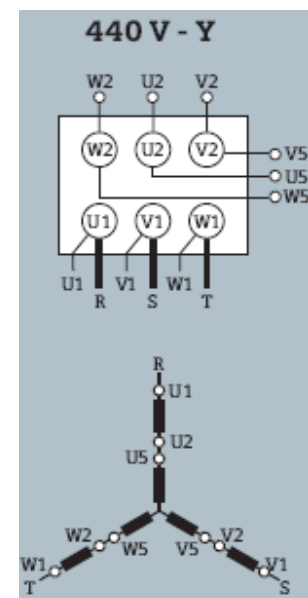


Fig. 3: Conexionado Del Motor a 440 V

### 2.3. IDENTIFICACION DE SEÑALES

Fue necesario seguir uno a uno los cables de entrada y salida del PLC TSX 17 para identificar bien cada una de las señales. En esta actividad se hizo la respectiva marcación en los cables, relevos y contactores asociados.

La estrategia de control parte de la anterior figura.

Para la sincronización de las bandas fue necesario tomar mediciones de las velocidades a diferentes horas del día por una semana; esto se hizo con el fin de llegar al valor más ideal de velocidad para cada banda.

Con una muestra de 36 datos por banda se llegó a los siguientes valores.

### 2.4. DISEÑO SOFTWARE

El siguiente diagrama muestra las condiciones del proceso.

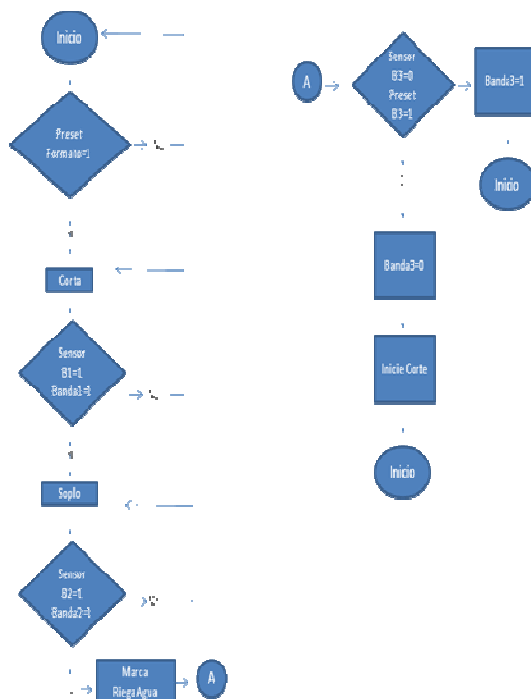
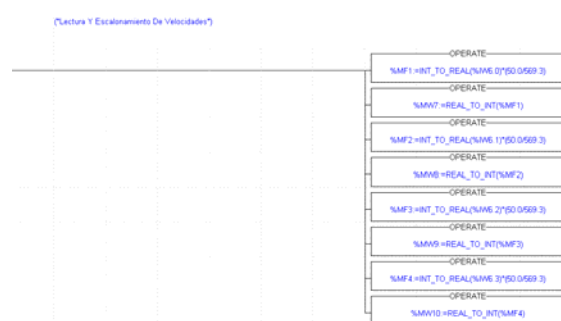


Fig. 4: Conexionado Del Motor a 440 V

Bandas	$\Delta V$ (m/min)
1	+ 1
2	+ 3
3	+ 1

Fig. 5: Velocidades Ideales

Con los valores anteriores se procedió a diseñar el sincronismo entre las bandas, tomando como velocidad base la del formato principal.



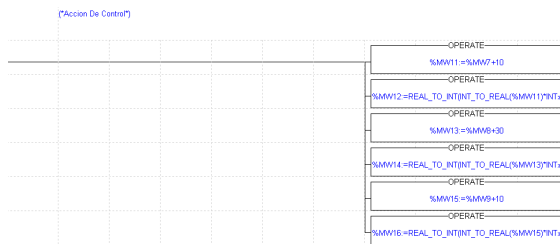


Fig. 6: Acción De Control Para Sincronización

Al inicio del proyecto se encuestó a la mayoría del personal para escuchar las necesidades o sugerencias que ellos tenían; una de esas necesidades fue poder bloquear el pórtico ondulatorio desde el pupitre de formación para mayor seguridad en el proceso. Como se mencionó anteriormente la máquina hatscheck está dividida en varias secciones y cada una de ellas tiene su PLC independiente. En Eternit las señales que se necesitan entre PLCs están cableadas o se comunican por medio del PCim “en ciertas secciones”.

Para cumplir con esa necesidad fue necesario comunicarse con Schneider Electric; ya que la idea es hacerlo todo mediante la red Ethernet que está implementada en la planta.

Gracias a que Schneider respondió a mi inquietud fue posible realizar este punto mediante el medio mencionado.

### 3. CONCLUSIONES

El diseño de un sistema automatizado para una empresa multinacional es realmente exigente y más cuando se trabaja sobre la máquina principal de dicha empresa; y la verdad la presión que hay sobre el diseñador por parte de sus superiores no se compara con lo vivido en la universidad.

Es muy diferente cuando se hace un diseño de un sistema que va a funcionar por primera vez, comparado con un sistema que ha venido funcionando ya que con este último pueden surgir inconvenientes o problemas que no están presupuestados en el diseño; por eso es bueno abarcar en todo lo posible el proceso a rediseñar, también es recomendable hacer buen uso del tiempo teniendo en cuenta los imprevistos. En el diseño de un dispositivo,

Para satisfacer los requerimientos del cliente, se debe realizar una buena consulta de las necesidades reales y convertirlas en valores medibles de ingeniería, que permiten generar conceptos para luego seleccionar el óptimo y la manera de distribuir los esfuerzos de diseño.

El método de diseño mecatrónico da una mayor cobertura en el diseño, permitiendo garantizar un producto que está a nivel de la competencia más fuerte, con un valor agregado y diferenciado, tanto funcionalmente como estéticamente, si es el caso, además de satisfacer principalmente al cliente.

Trabajar en campo es una experiencia totalmente emotiva para un estudiante, porque se afianzan los conocimientos y conceptos desarrollados en la vida universitaria, aplicándolos en una problemática real de mayores dimensiones.

Es de suma importancia como ingeniero, tener presente que por encima de toda prima la salud y la vida del operario o personas involucradas en el proceso. Es necesario tener este pensamiento presente desde el inicio del diseño ya que

cualquier accidente ocasionado por un mal diseño puede conducir a sanciones económicas y/o penales según el caso.

Cuando se trabaja en una industria es muy importante saber con que se cuenta y que tanta será la colaboración que se puede obtener del cliente; esto con el fin de optimizar el proceso de diseño.

## REFERENCIAS

Material de clase de Servoactuadores 1, Telesquemario.pdf. Profesor Héctor Fabio Rojas. Universidad Autónoma de Occidente.

Material de clase de Autómatas Programables, revista de electricidad, electrónica y automática REEA, Lógica Cableada.pdf. Profesor Adolfo Ortiz Rosas. Universidad Autónoma de Occidente.

Manual Danfoss VLT 2800.pdf.

Disponible en:

[http://www.danfoss.com/Latin\\_America\\_spanish/Products/Categories/Categories.htm?ProductTypesInCMS=true&segment=MC&ProductTitle=Convertidores+de+Frecuencia&category=58](http://www.danfoss.com/Latin_America_spanish/Products/Categories/Categories.htm?ProductTypesInCMS=true&segment=MC&ProductTitle=Convertidores+de+Frecuencia&category=58)

Comunidad internacional de electrónicos Foro [en línea]. Buenos Aires: Argentina.

Disponible en Internet en:

<http://www.forosdeelectronica.com/about3742.html>

SOL plataforma multinivel para consultas técnicas y administrativas de Schneider Electric [en línea]. Buenos Aires: Argentina. Disponible en Internet en <http://www.schneider-electric.com.ar/sol/>

# COMUNICACIÓN PREMIUM (PL7 Pro)

## READ\_VAR

**DIRECCIÓN IP 10.20.30.60**

## CONFIGURACIÓN DE LA COMUNICACIÓN

Se deben configurar los dispositivos remotos a leer y/o escribir mediante Mensajes:

TSX ETY PORT [RACK 0 POSICION 1]

Configuración

Designación: ACOPLADOR TCP/IP 10/100

Dir. IP del acoplador  
Dirección: 10, 20, 30, 60    Máscara de subred: 255, 255, 255, 0    Dirección Gateway: 10, 20, 30, 1

Servicios acoplador  
☐ IO Scanning    ☐ Global data    ☐ Red de transmisión

**Mensajería**    IO Scanning    Servidor de dirección    Dirección    Bridge

Dirección XWAY  
Red: 0    Estación: 6

Configuración de dirección IP  
☒ Configurada  
Dirección IP: 10, 20, 30, 60  
Máscara de subred: 255, 255, 255, 0  
Dirección Gateway: 10, 20, 30, 1  
☐ Configuración cliente/servidor

Configuración Ethernet  
☒ Ethernet II    ☐ 802.3

Dir. Xway	Dirección IP	Protocolo	Acceso	Modo
1	0.110	MODBUS	<input checked="" type="checkbox"/>	MULTI
2	0.130	MODBUS	<input checked="" type="checkbox"/>	MULTI
3	0.5	UNITE	<input checked="" type="checkbox"/>	MULTI
4		UNITE	<input checked="" type="checkbox"/>	MULTI
5		UNITE	<input checked="" type="checkbox"/>	MULTI
6		UNITE	<input checked="" type="checkbox"/>	MULTI
7		UNITE	<input checked="" type="checkbox"/>	MULTI
8		UNITE	<input checked="" type="checkbox"/>	MULTI
9		UNITE	<input checked="" type="checkbox"/>	MULTI
10		UNITE	<input checked="" type="checkbox"/>	MULTI
11		UNITE	<input checked="" type="checkbox"/>	MULTI
12		UNITE	<input checked="" type="checkbox"/>	MULTI

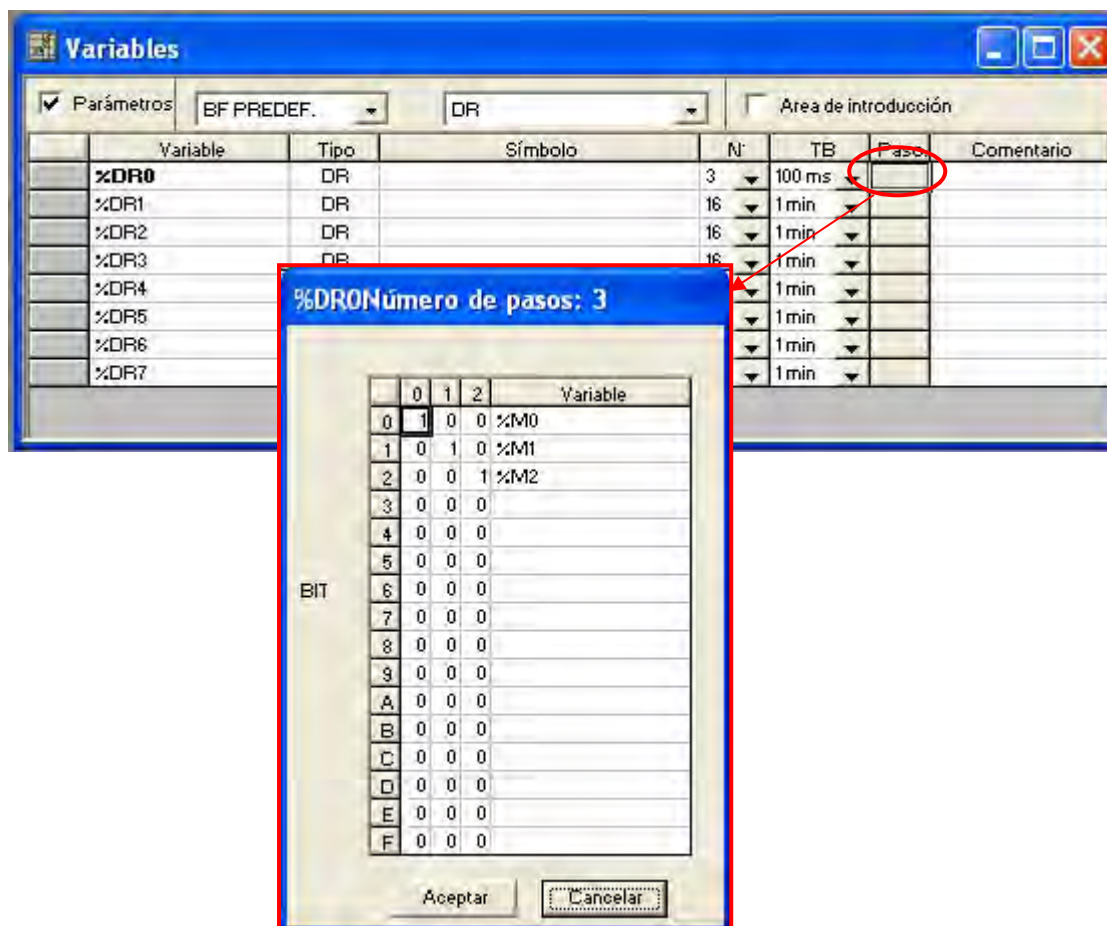
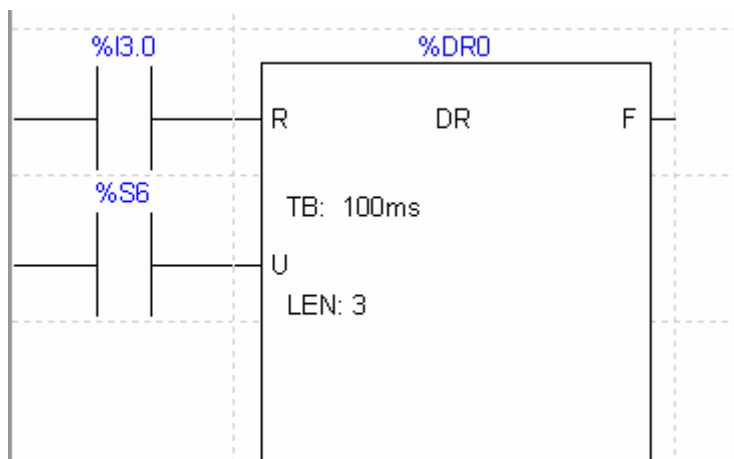
En este ejemplo se configuraron:

XWAY	IP	EQUIPO	COMUNICACIÓN
0.110	10.20.30.10	TWIDO	MODBUS
0.130	10.20.30.20	QUANTUM (ProWorx)	MODBUS
0.5	10.20.30.50	PREMIUM (Unity)	UNITELWAY

En el caso de dispositivos MODBUS, las direcciones deben ser superiores a 100 e inferiores a 163. En el caso de UNITELWAY, podrán ser entre 0 y 63.

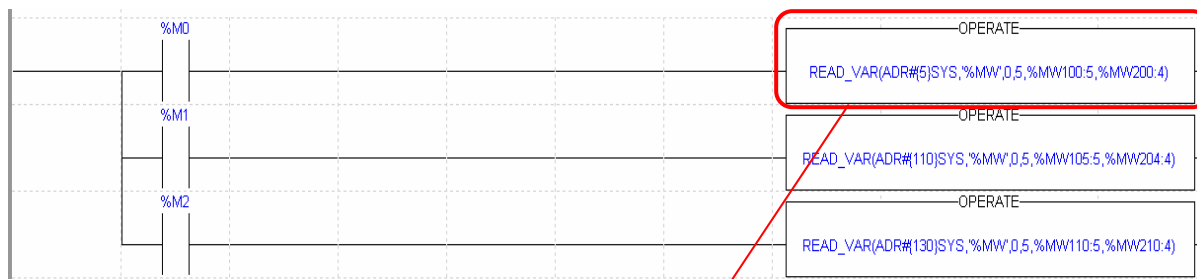
## PROGRAMACIÓN CON PL7 PRO

Programación de un tambor para ejecutar las lecturas en forma ordenada:





Programación de cada lectura:



Lectura de datos en el Premium Unity:

**READ\_VAR(ADR#{0.5}SYS,'%MW',0,5,%MW100:5,%MW200:4)**

<b>ADR#{0.5}SYS</b>	Dirección del esclavo a leer 0:Misma Red – 5:Dirección Xway
<b>'%MW'</b>	Tipo de dato a leer
<b>0</b>	primer dirección a leer en el esclavo
<b>5</b>	cantidad de datos a leer
<b>%MW100:5</b>	posiciones de memoria donde se guardan los datos leídos
<b>%MW200:4</b>	posiciones de memoria donde se guardan los datos de control

Lectura en el Twido:

**READ\_VAR(ADR#{0.110}SYS,'%MW',0,5,%MW105:5,%MW204:4)**

Lectura en el Quantum ProWorx:

**READ\_VAR(ADR#{0.130}SYS,'%MW',0,5,%MW110:5,%MW208:4)**

En todos los casos leímos 5 datos desde la %MW0 (400001) a la %MW4 (400005).

## TABLA DE ANIMACIONES

En la tabla de animaciones podemos visualizar los valores leídos desde cada PLC.

Tabla: TABLA\_1 (Animada) 15/16

Modificación	Variable	Símbolo	Valor actual	Naturaleza	Tipo	Comentario
F3 [Modif]	%Mw100		44			
	%Mw101		44			
F7 [U]	%Mw102		44			
	%Mw103		44			
F8 [U]	%Mw104		44			
	%Mw105		55			
Forzado	%Mw106		55			
F4 [Modif]	%Mw107		55			
	%Mw108		55			
F5 [U]	%Mw109		55			
F6 [Cancelar]	%Mw110		-8192			
	%Mw111		0			
	%Mw112		0			
Visualización	%Mw113		0			
	%Mw114		0			

Valores leídos desde PREMIUM

Valores leídos desde TWIDO

Valores leídos desde QUANTUM